

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
CENTRO DE FÍSICAS E MATEMÁTICAS - CFM
COORDENADORIA ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA - OCN
CURSO BACHARELADO EM OCEANOGRAFIA

JOÃO PEDRO STEIL

AVALIAÇÃO DE SUSCETIBILIDADE DA COSTA DE SANTA CATARINA A
DIVERSOS IMPACTOS COSTEIROS ATRAVÉS DO MODELO *COASTAL HAZARD*
WHEEL

Florianópolis, SC

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
CENTRO DE FÍSICAS E MATEMÁTICAS - CFM
COORDENADORIA ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA - OCN
CURSO BACHARELADO EM OCEANOGRAFIA

JOÃO PEDRO STEIL

**AVALIAÇÃO DE SUSCETIBILIDADE DA COSTA DE SANTA CATARINA A
DIVERSOS IMPACTOS COSTEIROS ATRAVÉS DO MODELO *COASTAL HAZARD*
*WHEEL***

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado
em Oceanografia da Universidade Federal de
Santa Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Professor orientador: Dr. Jarbas Bonetti

Florianópolis, SC

2018

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Aparecida Abdalla Steil e Sérgio Steil.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço muito a Deus por todas as oportunidades que tive, principalmente a oportunidade de estar aqui, vivo e presente. Agradeço a vida por cada encontro e por cada pessoa que passou até hoje por ela me presenteando com vivências e aprendizados. Agradeço aos meus pais que sempre se dedicaram muito na educação de seus quatro filhos, sempre nos proporcionando as melhores possibilidades. Agradeço aos meus irmãos Orlando José Steil, Paulo Sérgio Steil e Ana Carolina Dalila Steil pela convivência e amizade de sempre.

Agradeço ao meu orientador, por ter disponibilizado do seu tempo e por ter disponibilizado espaço no Laboratório de Oceanografia Costeira para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço pela sua dedicação ao longo de todo o processo, pelas suas contribuições e cobranças que me fizeram crescer academicamente.

Agradeço muito aos meus colegas de curso, que compartilharam do seu carinho e de sua amizade durante esses anos todos. Tenho certeza que essa foi uma fase importantíssima para todos nós e que levaremos para as nossas vidas uma bagagem enorme de bons momentos.

Agradeço aos professores do curso de Oceanografia da UFSC, em especial à Dr. Maria Luiza Fontes Schmidt, que me acolheu como orientando ainda nos primeiros semestres da graduação. Muito obrigado também ao Alexandre Berri, que me ensinou muito durante esse período de estágio voluntário e por quem tenho profunda admiração pela dedicação, paixão e comprometimento com seu trabalho.

Agradeço à equipe do LOC e principalmente a Jéssica Leiria por toda a paciência e interesse em me ajudar a solucionar os problemas que apareceram durante a utilização do *QuantumGIS*. Agradeço também ao Rafael Campanhola, à Ana Paula da Silva e à Charline Dalinghaus que me auxiliaram sanando todas minhas dúvidas na utilização do *SMC Tools*.

Agradeço a CAPES, por me contemplar com uma bolsa de intercâmbio através do programa Ciência Sem Fronteiras durante os anos de 2013 e 2014. Agradeço em especial à minha querida amiga e *housemate* Carolina da Luz Viscarra, por toda a parceria, histórias e conselhos. Essa foi uma oportunidade ímpar e talvez a experiência mais engrandecedora e intensa da minha vida até agora. Durante esses anos na Austrália foi que despertei meu interesse por esta linha de pesquisa e tive a oportunidade de me aprimorar tecnicamente na utilização de *softwares* como *ArcGIS*.

Agradeço também ao CNPq e ao Programa Institucional de Iniciação Científica e Tecnológica da UFSC, que me incentivaram e possibilitaram através de uma bolsa de estudos a produção de conhecimento.

“Quem vem pra beira do mar, ai

Nunca mais quer voltar, ai

Quem vem pra beira do mar, ai

Nunca mais quer voltar

Andei por andar, andei

E todo caminho deu no mar

Andei pelo mar, andei

Nas águas de Dona Janaína

A onda do mar leva

A onda do mar traz

Quem vem pra beira da praia, meu bem

Não volta nunca mais”

- Dorival Caymmi

RESUMO

Os ambientes costeiros são extremamente dinâmicos. Logo, estudos de suscetibilidade costeira possuem grande relevância para o entendimento destes ambientes, principalmente quando se considera um cenário de mudanças globais e um possível aumento do nível dos oceanos. Dentre os diversos modelos já existentes, no presente estudo optou-se pela utilização do modelo conceitual *Coastal Hazard Wheel* (CHW), o qual foi aplicado para avaliar a suscetibilidade da costa do estado de Santa Catarina, Brasil. Como variáveis de entrada para o modelo foram utilizados dados referentes ao arcabouço geológico, à exposição às ondas, à amplitude de maré, à flora/fauna, ao balanço sedimentar e ao clima de tempestades. Todos os dados levantados foram tratados e integrados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para realização da avaliação da suscetibilidade da costa de SC. Além disso, para uma melhor visualização, a área de estudo foi dividida em cinco diferentes províncias dentre as quais foi possível produzir cinco linhas de costa referentes aos cinco diferentes possíveis impactos ocasionados por perigos costeiros previstos pelo CHW. Ao final do estudo, obtiveram-se como resultado cinco gráficos e cinco mapas descritivos da suscetibilidade de cada uma das províncias aos impactos de perturbação dos ecossistemas, submersão gradual, intrusão de água salgada, erosão e inundação costeira.

Palavras-chave: *Coastal Hazard Wheel*, SIG, suscetibilidade costeira, impactos costeiros.

ABSTRACT

Coastal environments are extremely dynamic. Therefore, coastal susceptibility studies have a great relevance to understand these environments, mainly when a global change scenario and also a possible rising sea level are considered. Among many existent models, in the present study it was decided to use the Coastal Hazard Wheel (CHW) conceptual model, which was applied to assess the coastal susceptibility of the coast of Santa Catarina state, Brazil. Geological layout, wave exposure, tidal range, flora/fauna, sediment balance and storm climate data were used as input variables for the model. All the data collected were processed and integrated in Geographic Information System (GIS) environment to assess the susceptibility of Santa Catarina's coast. Moreover, the study area was divided in five different provinces for better visualization. From each province, it was possible to produce five different coastal lines referring to the five coastal impacts covered by the CHW. As a result of this research, five graphics and five maps were produced to describe the susceptibility of each province to ecosystem disruption, gradual inundation, salt water intrusion, erosion and flooding.

Key-words: *Coastal Hazard Wheel*, GIS, coastal susceptibility, coastal impacts.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1. Vulnerabilidade e suscetibilidade.....	2
2.2. Perigos (<i>hazards</i>) e perigos costeiros (<i>coastal hazards</i>).....	4
2.3. Perturbação dos ecossistemas (<i>Ecosystems disruption</i>).....	6
2.4. Submersão gradual (<i>Gradual inundation</i>).....	7
2.5. Intrusão de água salgada (<i>Salt water intrusion</i>).....	9
2.6. Erosão (<i>Erosion</i>).....	10
2.7. Inundação costeira (<i>Flooding</i>).....	12
3. OBJETIVOS.....	13
3.1. Objetivo Geral.....	13
3.2. Objetivos Específicos.....	13
4. ÁREA DE ESTUDO.....	14
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
5.1. Arcabouço geológico.....	18
5.2. Exposição às ondas.....	19
5.3. Amplitude de marés.....	20
5.4. Flora/fauna.....	22
5.5. Balanço sedimentar.....	22
5.6. Clima de tempestades.....	24
5.7. Integração e espacialização dos dados.....	25
6. RESULTADOS.....	26
6.1. Arcabouço geológico.....	28
6.2. Exposição às ondas.....	31
6.3. Flora/fauna.....	31
6.4. Balanço sedimentar.....	33

6.5. Comparação de suscetibilidade entre as províncias.....	34
6.5.1. Província 1.....	37
6.5.1.1. Perturbação dos ecossistemas.....	37
6.5.1.2. Submersão gradual.....	37
6.5.1.3. Intrusão de água salgada.....	38
6.5.1.4. Erosão e Inundação costeira.....	38
6.5.2. Província 2.....	39
6.5.2.1. Perturbação dos ecossistemas.....	39
6.5.2.2. Submersão gradual.....	39
6.5.2.3. Intrusão de água salgada.....	40
6.5.2.4. Erosão e Inundação costeira.....	40
6.5.3. Província 3.....	41
6.5.3.1. Perturbação dos ecossistemas.....	41
6.5.3.2. Submersão gradual.....	41
6.5.3.3. Intrusão de água salgada.....	42
6.5.3.4. Erosão e Inundação costeira.....	42
6.5.4. Província 4.....	43
6.5.4.1 Perturbação dos ecossistemas.....	43
6.5.4.2. Submersão gradual.....	43
6.5.4.3. Intrusão de água salgada.....	44
6.5.4.4. Erosão e Inundação costeira.....	44
6.5.5. Província 5.....	45
6.5.5.1. Perturbação dos ecossistemas.....	45
6.5.5.2. Submersão gradual.....	45
6.5.5.3. Intrusão de água salgada.....	46
6.5.5.4. Erosão e Inundação costeira.....	46
7. DISCUSSÃO.....	46

8. CONCLUSÕES.....	47
9. REFERÊNCIAS.....	47
ANEXO.....	52

1. INTRODUÇÃO

De acordo com as previsões do IPCC, as mudanças climáticas irão alterar as condições ambientais ao longo das regiões costeiras de todo o mundo e consequentemente, modificar o modo de vida das populações costeiras (IPCC, 2014). As áreas costeiras foram intensamente ocupadas durante o século XX e existe uma forte tendência para que esse processo continue ao longo do século XXI. Estima-se que a população atual seja de 1,2 bilhões nas regiões litorâneas do mundo todo, e que ela aumente para 1,8-5,2 bilhões até a década de 2080 dependendo das premissas de migração (IPCC, 2007). Ademais, calcula-se que as cidades litorâneas do Brasil comportam 26,6% da população total do país, o equivalente a 50,7 milhões de habitantes (IBGE, 2010).

A zona costeira é formada pela plataforma continental interna e pela costa emersa (CEPAL, 2012) e pode ser considerada como um ambiente complexo pelo fato de estar sujeita ao intenso processo dinâmico resultante da ação das ondas, ventos e correntes (FRENCH, 2001). Segundo Silva et al. (2004), estes processos resultam em diferentes tipos de costa e “englobam movimentos tectônicos ao longo das margens continentais, oscilações do nível do mar e a dinâmica erosiva e deposicional local”. Portanto, pode-se afirmar que a linha de costa possui grande variabilidade espacial e temporal e não pode ser tratada de maneira permanente (FRENCH, 2001).

A identificação de perigos relacionados às mudanças climáticas é essencial para gerenciar danos potenciais à zona costeira (APPELQUIST; BALSTRØM, 2014). Por isso, faz-se necessária a obtenção do conhecimento no que diz respeito à suscetibilidade costeira aos perigos naturais.

Para a realização de estudos relacionados aos perigos costeiros, é essencial compreender os processos que regem a dinâmica da costa. Porém no Brasil existe certa escassez de dados, programas de monitoramento e de informação sobre os processos presentes na costa, o que dificulta o mapeamento de áreas suscetíveis a perigos costeiros (RUDORFF, 2004). Tendo em vista este cenário, modelos conceituais como o *Coastal Hazard Wheel* (CHW) oferecem uma alternativa nos estudos de suscetibilidade costeira.

O CHW funciona como uma ferramenta para avaliar e gerenciar diversos efeitos dos perigos nas zonas costeiras de todo o mundo sob um cenário de mudanças climáticas. De acordo com Appelquist e Halsnæs (2015), o modelo foi desenvolvido para atender

especialmente a problemas de gerenciamento costeiro nos países em desenvolvimento, lugares nos quais ainda existe uma limitação quanto à disponibilidade de dados. Além disso, este método pode ser utilizado para estudos locais, regionais ou nacionais e trata de impactos como a perturbação dos ecossistemas, submersão gradual, intrusão de água salgada, erosão e de inundação costeira. Ademais, o CHW segue um sistema de classificação que abrange 131 ambientes costeiros genéricos e um total de 655 diferentes avaliações individuais para danos potenciais, cada uma delas ponderada dentro quatro diferentes níveis de suscetibilidade.

No presente estudo, foram analisados dados referentes às variáveis que compõem o CHW, sendo essas o arcabouço geológico, a exposição às ondas, a amplitude de maré, a flora/fauna, o balanço sedimentar e o clima de tempestades. Estes foram tratados de maneira integrada em ambiente de SIG (Sistema de Informações Geográficas) com intuito de classificar a costa de Santa Catarina de acordo com o seu respectivo nível de suscetibilidade à ação dos perigos costeiros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Vulnerabilidade e suscetibilidade:

O entendimento dos conceitos de vulnerabilidade e suscetibilidade é essencial para o desenvolvimento de estratégias mitigatórias de perigos em escala local, nacional ou internacional (CUTTER, 1996), pois são termos vastamente utilizados na literatura a respeito de perigos e desastres, mesmo que com diferentes interpretações. Por essa razão faz-se necessário elucidar cada um desses conceitos.

O IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* (2014) define vulnerabilidade como o nível em que um sistema está suscetível a sofrer danos ou prejuízos gerados por estímulos climáticos.

De acordo com UNISDR - *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (2009), vulnerabilidade é definida pelas “características e circunstâncias de uma comunidade ou sistema que os fazem suscetíveis aos efeitos danosos provocados por um perigo”.

Vulnerabilidade também pode ser definida como um fator de risco interno de um indivíduo ou sistema que está exposto a algum perigo e corresponde à predisposição

intrínseca de ser afetado, ou de estar suscetível ao dano. Em outras palavras, a vulnerabilidade representa a suscetibilidade ou predisposição social, econômica, política ou física de uma comunidade ao dano caso ocorra um fenômeno desestabilizador gerado por condições naturais ou antropogênicas (CARDONA, 2003). Segundo Cardona (2003) vulnerabilidade e perigo são concomitantes e levam ao risco. Pois se não há perigo não é factível que seja vulnerável, quando visto da perspectiva de danos potenciais ou perda durante a ocorrência de um evento. Da mesma forma, não existe situação de perigo para um elemento do sistema se o mesmo não está exposto ou vulnerável a um fenômeno potencial.

Gonitz (1990) ainda fala sobre o conceito de vulnerabilidade costeira como sendo a suscetibilidade da costa responder negativamente a um perigo e que esta varia espacialmente, pois a magnitude de variáveis como clima de ondas, litologia, geomorfologia, deriva litorânea e frequência de tempestades muda de acordo com a localidade.

Alcántara-Ayala (2002) sugere que o termo vulnerabilidade pode ser separado em vulnerabilidade natural (ou física) e vulnerabilidade humana. No caso da vulnerabilidade natural, ela depende da ameaça apresentada por algum perigo natural, que normalmente está associado a uma localização geográfica. Já a vulnerabilidade física está diretamente associada ao nível de exposição e à fragilidade dos elementos expostos à ação do evento perigoso (CARDONA, 2003). Logo, existe a vulnerabilidade à atividade vulcânica, enchentes, deslizamentos, tsunamis, furacões e assim por diante. Por outro lado, o conceito de vulnerabilidade humana se baseia nas características sociais, políticas, econômicas e culturais do sistema (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

O UNDP - *United Nations Development Programme* (2004) aponta como vulnerabilidade humana a combinação entre a vulnerabilidade do sistema socioeconômico, da infraestrutura física e dos recursos ambientais.

Cutter (1996) diz que vulnerabilidade é amplamente definida como um “potencial de perda”, porém há uma discussão a respeito do tipo de perda e de quem a sofre.

Sendo assim, a vulnerabilidade pode estar associada à capacidade institucional, econômica, e sociocultural de previsão, resistência e recuperação de uma determinada área perante os impactos causados por um agente de dada magnitude (CEPAL, 2011). Ademais, a suscetibilidade e a resiliência são dois elementos que representam grande importância na avaliação da vulnerabilidade, além de serem consoantes à intensidade do evento integrado e

ao agente causador. Portanto, a vulnerabilidade pode ser entendida como um parâmetro multidimensional (CEPAL, 2012).

McFadden e Green (2007) sugerem que vulnerabilidade seja um conceito a ser utilizado de forma flexível e sujeito a adequações. Da mesma forma, Nguyen et al. (2016) concluem que uma única definição sobre vulnerabilidade não abarcaria todos os contextos de avaliação.

Da mesma forma Alcántara-Ayala (2002) diz que vulnerabilidade não pode ser tratada somente como um termo geral e universal, pois seu dinamismo é dado de acordo com cada sociedade e, portanto seu conceito se torna tanto universal quanto particular. Entretanto, existe certamente um caráter diferencial em vulnerabilidade que é a combinação entre os sistemas natural e humano.

O conceito de suscetibilidade (ou sensibilidade) surgiu em estudos os quais tinham como objetivo mensurar a predisposição natural de determinado sistema ser afetado por uma ameaça (BONETTI & WOODROFFE, 2017). Logo a suscetibilidade está associada à grandeza, probabilidade e intensidade de um ambiente ser impactado por algum perigo natural (UNDP, 2004). Além disso, seu conceito está amplamente independente das influências humanas e é essencialmente derivado das condições ambientais (físicas) (UNDP, 2004), identificando o grau em que um sistema é afetado negativamente ou positivamente por uma variação climática (NGUYEN et al., 2016).

2.2. Perigos (*hazards*) e perigos costeiros (*coastal hazards*):

De acordo com a UNISDR (2009), perigo é um fenômeno natural, substância, atividade humana ou condição ameaçadora que pode causar perda de vida, prejuízos ou qualquer outro impacto a saúde, danos a propriedades, perda de moradia e serviços, perturbação social e econômica ou danos ambientais.

Atualmente, o conceito de perigo é utilizado para se referir a um perigo latente ou a um fator de risco externo de um sistema ou indivíduo exposto. Isso pode ser expresso de forma matemática como a probabilidade de ocorrência de um evento de certa intensidade em um local específico e durante determinado período de exposição (CARDONA, 2003).

Segundo Muler (2012), na literatura brasileira *hazard* é tratado como ameaça ou perigo, ou seja, o fenômeno ou o processo danoso. Sendo assim, o conceito de perigo abrange

fenômenos como ciclones, deslizamentos, tornados, enchentes, marés meteorológicas, epidemias, pragas, avalanches, terremotos, erupções vulcânicas etc.

Um conceito mais geral é proposto pela UNDP (2004), no qual se define perigos naturais como fenômenos naturais que ocorrem na biosfera e que podem ser danosos ao ser humano.

Monteiro (1991) ressalta que a presença humana é fundamental para existência do perigo, já que os perigos estão sempre atrelados à decisão do homem. Por exemplo, “enchentes não seriam danosas se o homem evitasse as planícies de inundação”.

Assim como para White et al. (2001), a interação entre a sociedade e o ambiente natural geram as situações de perigo. Além disso, os autores afirmam que atualmente há cada vez menos justificativas para ausentar a ação humana de responsabilidades, já que existe um aumento da produção científica nesta área e uma melhoria das técnicas de avaliação de vulnerabilidade e de previsão quanto à intensidade e à frequência dos eventos perigosos.

Frequentemente os perigos naturais são percebidos e tratados como uma ameaça externa e inevitável. Entretanto, o reconhecimento dos perigos, o estudo das ocorrências pretéritas e o monitoramento das situações presentes são instrumentos importantes no planejamento e gestão do uso do solo, com o objetivo de diminuir a vulnerabilidade, protegendo a população e seus bens (ISDR, 2004).

Além de perigo (*hazard*), também se encontra na literatura de maneira mais particular o termo perigo costeiro (*coastal hazard*).

De acordo com Gonitz (1991), um perigo costeiro é um fenômeno natural que expõe o litoral a danos e a outros efeitos adversos. A autora cita que a inundação costeira, o aumento da erosão e a intrusão de água salina em estuários e aquíferos são os maiores processos que irão afetar a zona costeira durante um período de acelerado aumento do nível do mar.

Em adição, perigos costeiros incluem processos que variam entre eventos de curto-prazo, como tempestades intensas, e eventos de longo-prazo como o aumento do nível do oceano (BONETTI & WOODROFFE, 2017). Embora haja incertezas no que diz respeito às mudanças climáticas, de acordo com o IPCC se espera um aumento de 2,5°C das temperaturas médias do ar, de 61 cm do nível do mar e também da frequência e intensidade das tempestades durante o século XXI (EISMA, 1995; WATSON et al., 1997). Portanto,

verifica-se que existe a relação entre perigos costeiros e mudanças climáticas globais. Ademais, pode-se concluir que ambos os eventos, de curto e longo-prazo, levam ao dano de propriedades, perda de vida e degradação ambiental, como por exemplo, contaminação doméstica e industrial, salinização de reservatórios de água, inundação de rios e etc (RUDROFF, 2005).

Sendo assim, para fins deste trabalho, entendem-se como perigos costeiros os eventos capazes de gerar impactos negativos ao ambiente costeiro e prejuízos às populações litorâneas. Dentre estes impactos estão a perturbação dos ecossistemas, a submersão gradual, a intrusão de água salgada, a erosão e a inundação costeira, os quais serão discutidos à seguir.

2.3. Perturbação dos ecossistemas (*Ecosystems disruption*)

O *Coastal Hazard Wheel* descreve este perigo como sendo a possibilidade de perturbação do estado atual dos ecossistemas costeiros, gerada por uma mudança climática (APPELQUIST, BALSTRØM & HALSNÆS, 2016).

Segundo Rosendahl Appelquist (2012), a linha de costa possui uma flora limitada, e a fauna é composta principalmente pela micro e meiofauna vivendo sob a superfície arenosa. O aumento de temperatura previsto para os oceanos provavelmente não causará uma perturbação significativa nesses ecossistemas já que os animais que vivem ali estão acostumados a lidar com grandes diferenças de temperatura. Esses ecossistemas podem, entretanto, ser sensíveis à erosão costeira (BROWN & MCLACHLAN, 2002 apud APPELQUIST, 2012).

Ambientes costeiros protegidos, normalmente possuem uma diversidade ecológica maior do que costas expostas, quando desconsideramos costas com presença de corais (SCHWARTZ, 2005 apud APPELQUIST, 2012). Esse é especialmente o caso de linhas de costa com alta variação de marés, pois esses ambientes frequentemente detêm ecossistemas extensos e complexos como marismas, manguezais e planícies de maré (HASLETT, 2008).

Marismas são geralmente caracterizados por alta produção primária e alta diversidade de espécies, também por prover ambientes berçários para uma grande quantidade de espécies marinhas (SIMAS et al., 2001 apud APPELQUIST, 2012). Junto com as planícies de maré adjacentes, as marismas constituem habitats importantes para populações de aves (HAILS, 1997). O seu papel frente a um cenário de mudanças globais é fundamental na retenção do aumento do nível do mar e na disponibilização de sedimento (IPCC, 2007).

Ambientes de manguezal são ecossistemas altamente complexos com uma alta produtividade primária. Eles estão entre os ecossistemas mais produtivos do planeta e o material exportado dos manguezais fornece matéria orgânica que atua como fonte de alimento e energia para produção primária e secundária marinha (MCMULLEN & JABBOUR, 2009; JENNERJAHN & ITTEKKOT, 2002). Mudanças globais combinadas com estressores gerados por atividades humanas como desmatamento de manguezais para aquicultura impõem um risco à diversidade dos manguezais (IPCC, 2007). Em estudos pretéritos os manguezais já demonstraram possuir uma alta resiliência às mudanças em uma escala de tempo histórica (GILMAN et al., 2008). Mudanças globais estão projetadas para gerar uma perda de 10-15% dos manguezais o que é secundário perante as médias de desmatamento de origem antrópica. Manguezais que ocupam ilhas com baixo relevo ou praias de carbonato com fonte de sedimento limitada são considerados especialmente vulneráveis (ALONGI, 2008). Costas protegidas com baixa variação de maré geralmente possuem alto risco de perda de planícies alagadas (NICHOLLS, 2004).

2.4. Submersão gradual (*Gradual inundation*)

O modelo prevê a possibilidade de uma submersão gradual do ambiente costeiro sob um cenário de mudanças globais. Ao contrário da inundação costeira, a submersão gradual ocorre ao longo de anos ou décadas quando a deposição de sedimentos e/ou o crescimento de organismos não acontece de maneira proporcional ao aumento do nível do mar (APPELQUIST, BALSTRØM & HALSNÆS, 2016).

Linhas de costa com baixa declividade como planícies costeiras, ilhas barreira, deltas e ilhas coralíneas geralmente correm maior perigo de submersão gradual. Planícies costeiras alagadas podem ser inundadas naturalmente devido ao represamento excessivo, caso a disponibilidade de sedimento não possa acompanhar o aumento do nível do mar enquanto a submersão de deltas depende do balanço entre a disponibilização de sedimentos fluviais e eventos extremos (IPCC, 2007).

Deltas geralmente são muito sensíveis ao aumento do nível do mar (ERICSON et al., 2006; WOODROFFE et al., 2006) e a taxa do aumento do nível do mar em deltas tendem a ser muito maiores que a taxa média global (IPCC 2007). A maioria dos deltas já não mantém o seu aporte sedimentar natural devido às atividades de represamento à montante, além de sofrerem déficit de sedimentos devido à subsidência gerada pelo peso do sedimento acumulado (MASSELINK & HUGHES, 2003). Outras atividades antrópicas como a extração

de óleo, gás e água subterrânea contribuem significativamente para a subsidência de deltas (ERICSON et al., 2006), e muitos deltas já estão mudando rapidamente, mesmo antes do aumento acelerado do mar induzido por atividades humanas (IPCC, 2007).

Linhas de costa expostas e moderadamente expostas tendem a responder ao aumento do nível do mar ajustando seu perfil de equilíbrio teórico resultando em erosão costeira caso não haja um suprimento de sedimento (MASSELINK & HUGHES, 2003). A submersão gradual será, portanto, tratada como um efeito secundário para essas áreas.

Por outro lado as linhas de costa protegidas são particularmente suscetíveis à submersão gradual, e neste caso, o balanço sedimentar é essencial para se adaptar ao aumento do nível do mar através da acreção vertical de sedimento (HASLETT, 2008; RICHARDS et al., 2008). Se há uma quantidade suficiente de sedimentos disponível, marismas, manguezais e planícies de maré possivelmente conseguirão acompanhar o aumento do nível do mar através da acreção vertical enquanto áreas com baixo suprimento de sedimentos muito provavelmente serão submersas. Além da disponibilidade de sedimentos, a variação das marés também influencia nos perigos de submersão. Ademais, áreas de marisma com alta variação de maré geralmente são consideradas menos suscetíveis ao aumento do nível do mar (SIMAS et al., 2001).

Enquanto marismas e planícies de maré talvez consigam acompanhar o aumento do nível do mar em áreas com suprimento suficiente de sedimento, estes ainda estão em risco caso o nível do mar suba muito rapidamente. Caso uma área de marisma não consiga acompanhar o aumento do nível do mar, ela irá migrar em direção ao continente caso haja espaço suficiente disponível. Se as atividades humanas limitarem esta migração, a área total de marisma provavelmente irá decrescer devido ao estreitamento costeiro (HASLETT, 2008).

Com o aumento do nível do mar as linhas de costa com a presença de manguezais provavelmente irão migrar em direção ao continente (ALONGI, 2008; ROSS et al., 2000). O aumento do nível do mar é considerado a maior ameaça climática para manguezais e atualmente a maioria dos depósitos sedimentares em áreas de manguezal não estão conseguindo acompanhar o aumento do nível do mar (GILMAN et al., 2008). Alguns estudos indicam, entretanto, que os manguezais podem apresentar uma tolerância significativa ao aumento do nível do mar (MORRIS et al., 2002). A estabilidade das florestas de manguezal é dependente da disponibilidade de sedimento, junto com a habilidade dos manguezais de produzir matéria orgânica suficiente para manter as turfas durante o aumento do nível do mar

(SIMAS et al., 2001). Em localizações com alta variação de maré, manguezais que estão migrando em direção ao continente provavelmente terão suporte através dos sedimentos erodidos da zona entremarés. Em ambientes deltaicos, onde deltas e manguezais criaram uma progradação da linha de costa, manguezais estão particularmente em risco já que estes são incapazes de migrar em direção ao continente (WOODROFFE, 1995). Assim como ambientes de marisma, o estreitamente costeiro pode limitar a migração dos manguezais em direção ao continente, e conseqüentemente diminuindo a sua área de extensão total (HASLETT, 2008).

Ambientes de coralíneos podem estar em risco de submersão gradual caso estes falhem ao acompanhar o aumento do nível do mar. Cálculos relacionados ao crescimento de recifes de coral e estudos geológicos de testemunhos estimam o crescimento dos recifes de coral em 1-10 mm/ano para cima (MASSELINK & HUGHES, 2003), e é esperado que o nível do mar aumente mais de 20 mm/ano o que levaria à submersão dos ambientes de coral (SPENCER, 1994 apud APPELQUIST, 2012). Apesar da submersão gradual dos corais se tornar uma questão com o rápido aumento do mar, isto é considerado o risco mínimo comparado ao aumento esperado para a temperatura e a acidificação dos oceanos (HOEGH-GULDBERG et al., 2007 apud APPELQUIST, 2012; IPCC, 2007).

2.5. Intrusão de água salgada (*Salt water intrusion*)

O perigo de intrusão de água salgada reflete a possibilidade de água salina penetrar em aquíferos e reservatórios de água doce localizados em regiões costeiras (APPELQUIST, 2012).

Muitos aquíferos costeiros já sofrem com a intrusão de água salgada. Com o futuro aumento do nível do mar, espera-se que este fenômeno agrave ainda mais a situação desses aquíferos. Aquíferos rasos estão particularmente em risco e em diversas localizações já sofrem um problema extensivo de intrusão de água salgada tanto devido a causas naturais quanto antropogênicas (ESSINK, 2001). A intrusão de água salgada pode ser considerada uma grande ameaça para o abastecimento público de água, agricultura e horticultura (ESSINK, 2001) assim como uma grande ameaça aos ecossistemas (BURKETT & KUSLER, 2000 apud APPELQUIST, BALSTRØM & HALSNÆS, 2016).

O perigo de intrusão de água salgada é controlado por uma combinação entre a geologia costeira, as dimensões do aquífero, a captação de água subterrânea por atividades humanas, recarga superficial de água, o escoamento submarino de água subterrânea e a

precipitação local (IPCC, 2007). Regiões costeiras planas geralmente estão mais suscetíveis à salinização de aquíferos rasos assim como também estão mais suscetíveis à submersão gradual, erosão e enchentes o que aumenta ainda mais o alcance continental da água salgada (IPCC, 2014; IPCC, 2007). O recuo da linha de costa pode afetar aquíferos localizados próximos ao litoral pelo fato de reduzir a largura e a área de dunas, e consequentemente diminuir o comprimento sobre o qual ocorre a recarga de água subterrânea. Deltas e estuários irão experimentar um aumento de intrusão de água salgada pelo aumento do nível do mar caso estes ambientes não conseguirem acompanhar o aumento do nível do mar, e aquíferos localizados em regiões com pouca disponibilidade de sedimentos podem estar especialmente ameaçados (ESSINK, 2001). A invasão de água salgada gerada pelo aumento do nível do mar talvez elimine algumas espécies que vivem em habitats costeiros de água salobra. Ademais, as mudanças climáticas provavelmente irão afetar as marismas através das mudanças do regime hidrológico (SUN et al., 2002; BURKETT & KUSLER, 2000 apud APPELQUIST, 2012). Os manguezais podem sofrer redução da sua produtividade e da sobrevivência nos estágios iniciais do seu desenvolvimento devido a conversão das zonas entremarés em planícies hipersalinas (GILMAN et al., 2008). Muitas ilhas pequenas provavelmente irão sofrer estresse hídrico e redução das lâminas de água doce devido à combinação entre os padrões de precipitação e o aumento do nível do mar (IPCC 2014; IPCC 2007). Todavia, o risco de intrusão de água salgada é amplamente relacionado à extração humana de água e a presença deste perigo é amplificada pela combinação entre fatores naturais e antropogênicos (IPCC, 2014; ESSINK, 2001). No caso do modelo *Coastal Hazard Wheel*, o foco é somente nos perigos naturais (APPELQUIST, BALSTRØM & HALSNÆS, 2016).

2.6. Erosão (*Erosion*)

O arcabouço geológico expressa primariamente a erodibilidade potencial de uma linha de costa e, portanto determina a possibilidade de acontecer erosão (DAVIS JR & FITZGERALD, 2004). Arcabouços geológicos de origem sedimentar possuem erodibilidade relativamente alta, enquanto costas rochosas demonstram sofrer pouca erosão em uma escala de tempo utilizada para gestão costeira (IPCC, 2007). Quando ambientes praias estão presentes ao longo de uma costa rochosa, a erosão praias pode ocorrer enquanto a costa rochosa se mantém estável (MASSELINK & HUGHES, 2003). A declividade do arcabouço geológico também influencia na taxa de erosão já que costas com pouca declividade geralmente recuam mais rápido que costas com alta declividade (THIELER, 2000).

Falésias estão propensas a recuarem mais rapidamente no futuro devido ao aumento de erosão por causa do aumento do nível do mar e do possível aumento de precipitação. A erosão de falésias normalmente acontece em longos intervalos de tempo e a taxa de erosão é controlada por diversos parâmetros incluindo o avanço do mar, precipitação, exposição às ondas e balanço sedimentar (IPCC, 2007).

Ilhas barreira podem, devido ao aumento do nível do mar, migrar em direção ao continente através da erosão, *overwash* e perda de sedimento, e em alguns casos, o prolongamento de uma barreira pode levar a ruptura e desintegração da mesma (HASLETT, 2008). Isso pode causar um efeito secundário pelo fato de transformar gradualmente ou abruptamente barreiras em costas com alta energia (STONE & MCBRIDE, 1998). O preenchimento de estuários e lagoas por material sedimentar devido ao avanço do mar pode levar ao déficit de sedimentos nas regiões adjacentes (VAN GOOR et al., 2003).

Em litorais expostos e moderadamente expostos, a exposição a ondas torna-se um parâmetro chave para o transporte sedimentar, e em áreas com balanço sedimentar negativo, a alta exposição às ondas pode levar a erosão costeira devido à perda de grandes quantidades de sedimento por transporte *offshore* e *longshore* (MANGOR, 2001). Em áreas com saldo positivo de sedimentos, a alta exposição a ondas não necessariamente irá levar a erosão, a não ser que um futuro aumento do nível do mar ocorra mais rápido do que a disponibilização de sedimentos, sendo assim, compensando e mudando o perfil de equilíbrio teórico. Ademais, em qualquer linha de costa com transporte sedimentar, existe o risco de ocorrer mudanças locais nos padrões de ondas e correntes ocasionadas pela mudança climática, o que poderia modificar a taxa e direção da deriva litorânea (MASSELINK & HUGHES, 2003).

O aumento na frequência e intensidade das tempestades provavelmente resulta na intensificação da erosão praial (BROWN & MCLACHLAN, 2002 apud APPELQUIST, 2002), e a mudança nas fontes de sedimento como, por exemplo, mudanças no aporte fluvial pode transformar o saldo positivo de sedimentos em déficit. Geralmente, a regra de Bruun pode ser usada para estimar os efeitos do aumento do nível do mar sobre a linha de costa e o recuo da mesma é estimado ser 50-200 vezes o aumento do nível do mar relativo (IPCC, 2007).

Em ambientes costeiros protegidos, a alta variação de maré pode ser importante para processos de sedimentação. Nesses ambientes, o saldo sedimentar positivo pode levar ao acúmulo sedimentar gradual que acompanha o aumento do nível do mar. O déficit sedimentar,

por outro lado, leva à submersão gradual e diversos níveis de erosão (MASSELINK & HUGHES, 2003). A flora e a fauna são importantes na proteção de regiões costeiras como, por exemplo, marismas e manguezais, os quais são eficientes na retenção de sedimento e mantêm a deposição durante eventos extremos. Caso áreas de marisma sejam gradualmente inundadas devido ao aumento do nível do mar, elas provavelmente sofrerão com a erosão já que o aumento da profundidade da coluna d'água permite o aumento da ação das ondas nas margens da marisma (MASSELINK & HUGHES, 2003; SIMAS et al., 2001). Erosão das margens dos manguezais pode ocorrer como consequência do aumento do nível do mar, resultando na migração sentido ao continente das mesmas (ALONGI, 2008; GILMAN et al., 2008). A vegetação presente em costas sedimentares com alta declividade desempenha um papel importante na redução da erosão, na formação de barrancos em eventos de precipitação e escoamento do lençol freático, e na redução do impacto das ondas na base da encosta.

A degradação dos sistemas de recife de coral pode resultar em mais energia de onda, aumentando o potencial de erosão (IPCC, 2007; SHEPPARD et al., 2005 apud APPELQUIST, 2012). A redução das taxas de calcificação nos oceanos devido às mudanças climáticas pode levar a redução da densidade do esqueleto dos corais. Isso provavelmente aumentaria a vulnerabilidade dos recifes de coral à ação das ondas e tempestades tropicais, resultando no aumento da erosão costeira (HOEGH-GULDBERG et al., 2007 apud APPELQUIST, 2012). O avanço do mar combinado com o aumento na intensidade das tempestades tropicais significa que ilhas de coral estão sujeitas a experimentar significativamente a erosão e uma possível redução na área da ilha (IPCC, 2007).

2.7. Inundação costeira (*Flooding*)

O perigo de inundação costeira está relacionado à possibilidade de uma inundação súbita, abrupta e dramática de um ambiente costeiro causada pelo aumento do nível da água à curto prazo devido a “*storm surge*”, marés extremas e variações sazonais (MANGOR, 2001). O aumento gradativo do nível do mar também leva ao aumento extremo do nível da água.

O perigo de inundação costeira está estritamente relacionado ao arcabouço geológico, onde planícies costeiras, barreiras, deltas e ilhas de coral estão particularmente vulneráveis (IPCC, 2007). Em ambientes deltaicos, o aumento do nível do mar combinado com “*storm surge*”, alta precipitação e associado ao pico de fluxo fluvial pode levar a extensas inundações. Isto é ainda mais agravado em áreas em que há a atividade de ciclones tropicais,

e com o aumento na intensidade dos ciclones devido às mudanças climáticas espera-se que as inundações também aumentem (IPCC, 2007).

A variação da maré também influencia o perigo de inundação em ambientes costeiros por afetar diariamente o nível máximo de água. Diferentes argumentos sobre a relação entre a variação de maré e o perigo de inundação têm sido apresentados, porém geralmente é aceito que o risco de inundação aumenta com a diminuição (da amplitude) da maré. Em ambientes de micro-maré, o nível da água é sempre próximo ao nível máximo e, portanto, possui pouco espaço para aumentar antes de passar o nível normal da maré alta. Em ambientes de meso/macro-maré, os níveis da água podem na maioria das vezes aumentar significativamente durante eventos de tempestade antes de alcançar o nível da maré mais alta (THIELER, 2000).

Marismas e manguezais normalmente são inundados como parte das suas dinâmicas naturais. Está bem estabelecido que florestas de mangue protegem a costa de ciclones tropicais e eventos de inundação, e a degradação desses sistemas, através de atividades humanas, pode aumentar a extensão e danos gerados por inundação devido às mudanças globais. Algumas espécies de mangue aparentam ser mais tolerantes a inundações que outras e mudanças na composição das comunidades podem acontecer como consequência das mudanças climáticas (ALONGI, 2008).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Classificar a costa de Santa Catarina quanto à suscetibilidade a diversos impactos derivados da ação de perigos costeiros utilizando o modelo conceitual *Coastal Hazard Wheel*.

3.2. Objetivos específicos

a) Analisar de maneira integrada dados de arcabouço geológico, exposição às ondas, amplitude de maré, flora/fauna, balanço sedimentar e clima de tempestades em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

b) Produzir representações cartográficas da suscetibilidade da costa de Santa Catarina aos impactos costeiros previstos no *Coastal Hazard Wheel*.

c) Gerar dados descritivos que poderão ser utilizados como subsídio técnico nos processos de tomadas de decisão na costa de Santa Catarina.

4. ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo será desenvolvido na costa de Santa Catarina, a qual está situada na Região Sul do Brasil (Figura 1) e delimitada pelos paralelos 25°57'41" e 29°23'55" de latitude sul e entre os meridianos 48°19'37" e 53°50'00" de longitude oeste (IBGE, 2000).

O Estado de Santa Catarina faz fronteira ao norte com o Estado de Paraná, ao sul com o Rio Grande do Sul e a oeste com a Argentina. Seu litoral localiza-se a leste e é banhado pelo Oceano Atlântico na totalidade dos seus 564 km de linha de costa, ou 1.874 km quando contabilizadas suas baías e ilhas mais expressivas (SANTA CATARINA, 2006).

De acordo com o censo do IBGE (2010) a população de SC é de cerca de 6,2 milhões de pessoas, sendo que 28% desta população vive em 36 diferentes municípios litorâneos. Apesar da degradação e perda de habitat que vêm ocorrendo há mais ou menos 50 anos devido à intensificação da ocupação humana, pode-se considerar que o estado ainda possui uma rica diversidade de ambientes como praias, baías, marismas, manguezais, estuários e lagoas. O clima da região é considerado sub-tropical, caracterizado por temperaturas médias na faixa dos 23°C durante o verão e 14°C no inverno, além de uma precipitação que varia entre 1250 e 1400mm. Comumente no verão ocorrem enchentes que prejudicam a zona costeira, principalmente nas regiões urbanizadas. Isso devido à impermeabilidade do solo nessas áreas e à ocorrência de chuvas que excedem 100 mm por dia durante esta época (KLEIN, SHORT & BONETTI, 2016).

De maneira sucinta, a região de Santa Catarina possui um clima de ondas dominado por um swell de sul com 12s de período e altura média de 1-1,25m, podendo chegar a 2m no inverno (KLEIN, SHORT & BONETTI, 2016).

O litoral de Santa Catarina está submetido a amplitudes de maré menores que 2 metros (micromarés). Esta é significativa pontualmente, pois dependendo da região a geomorfologia gera um aumento da velocidade da corrente de maré (TESSLER & GOYA, 2005).

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Na porção norte do litoral de Santa Catarina até o Cabo de Santa Marta está presente a Serra do Mar que é constituída por rochas do Embasamento Cristalino que afloram continuamente nesta região de forma praticamente paralela à linha de costa. Do Cabo de Santa Marta até o extremo sul do estado, o litoral é caracterizado por uma linha de costa retilínea, associada a planícies costeiras extensas e arenosas e baixa altitude (TESSLER & GOYA, 2005).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

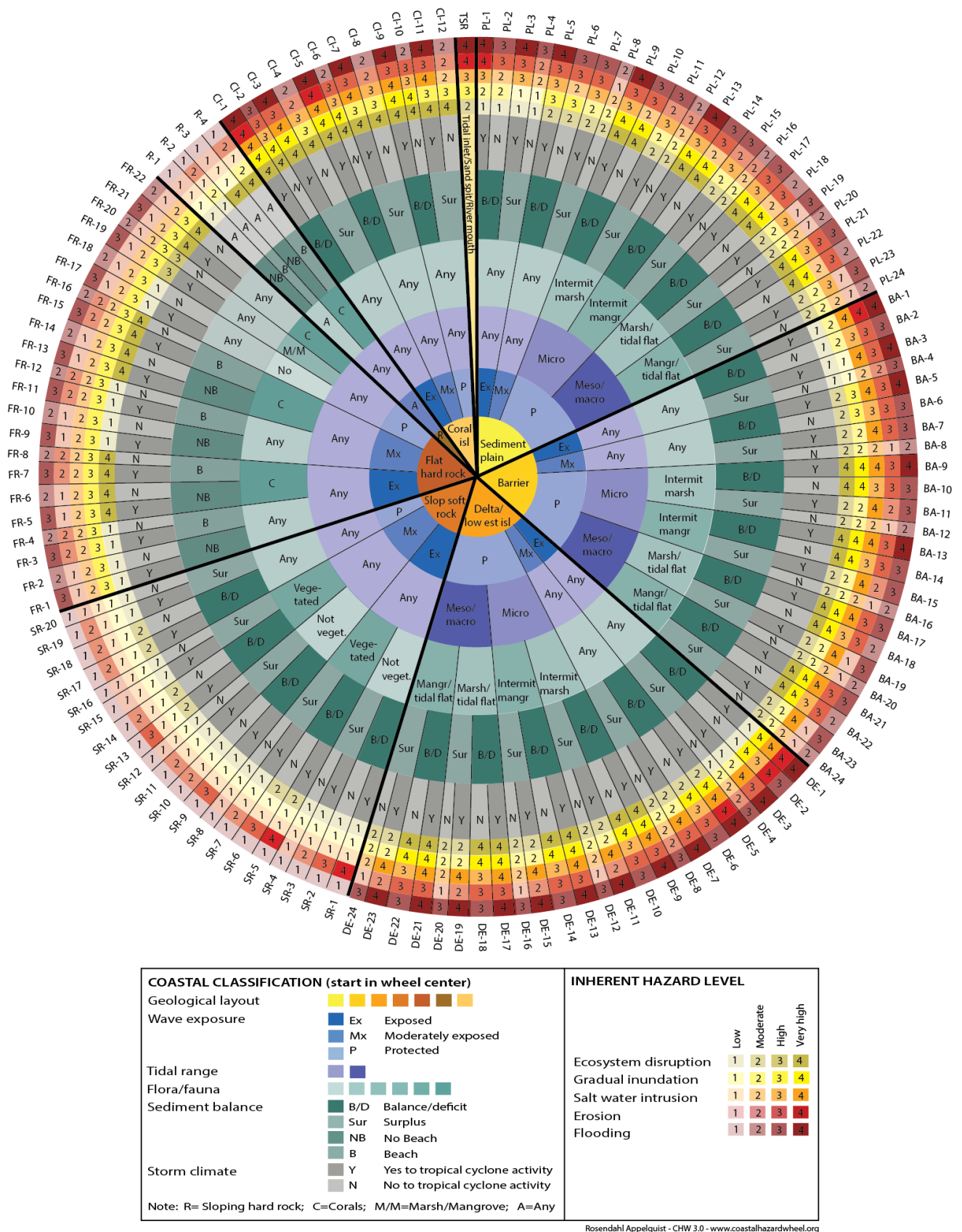
A avaliação de suscetibilidade por completo, foi baseada no modelo *Coastal Hazard Wheel* o qual funciona de acordo com a Figura 2. O usuário inicia a avaliação no centro do CHW e se move em direção às extremidades do diagrama, obtendo os valores inerentes em cada impacto nos círculos mais externos. Partindo do centro, a ordem da classificação dos descritores costeiros ocorre de maneira que cada categoria é representada por um novo

círculo: arcabouço geológico (*geological layout*), exposição às ondas (*wave exposure*), amplitude de maré (*tidal range*), flora/fauna, balanço sedimentar (*sediment balance*) e clima de tempestades (*storm climate*). Os círculos mais externos, referentes aos impactos dos perigos, apresentam a seguinte ordem: perturbação no ecossistema (*ecosystem disruption*), submersão gradual (*gradual inundation*), intrusão de água salgada (*salt water intrusion*), erosão (*erosion*) e inundação costeira (*flooding*). Quando o termo “qualquer” (*any*) é aplicado no sistema de classificação, o usuário deve simplesmente continuar a avaliação utilizando o parâmetro presente no próximo círculo. No caso de costões rochosos inclinados, o usuário deverá assumir “A” para “qualquer” no círculo referente à exposição às ondas, nas regiões onde não há praia presente. Caso haja a presença de algum ambiente praial, o usuário deverá prosseguir ponderando a exposição às ondas (APPELQUIST, 2012).

Para obter os diferentes níveis de suscetibilidade costeira aos impactos apresentados pelo CHW é necessário o levantamento e a interpretação de dados para cada uma das variáveis que compõem o modelo. Devido à boa disponibilidade dos dados do Laboratório de Oceanografia Costeira da Universidade Federal de Santa Catarina (LOC) grande parte dos dados utilizados para o presente trabalho se encontrava previamente disponível. O levantamento dos dados complementares e o processamento total dos dados foram feitos de acordo com Appelquist, Balstrøm e Halsnæs (2016).

Todos os dados referentes ao arcabouço geológico, exposição às ondas, amplitude de maré, flora/fauna, balanço sedimentar e clima de tempestades foram processados e analisados utilizando o *software* livre *Quantum GIS*.

Figura 2 - Coastal Hazard Wheel (CHW).



Fonte: Appelquist (2012).

5.1. Arcabouço geológico

Na identificação do arcabouço geológico foram utilizados dados de linha de costa preteritamente levantados e classificados pelo Laboratório de Oceanografia Costeira. Tais dados foram obtidos conforme descrito por Serafim (2014). A autora utilizou o editor do software *ArcGIS 9.3*, com o qual foi possível digitalizar a linha de costa seguindo a interface entre areia seca e úmida presentes apenas em praias. Como base espacial para tal procedimento, utilizou-se as imagens do satélite *Quickbird* que são disponibilizadas através do servidor da empresa *DigitalGlobe* e puderam ser acessadas através da extensão *Image Connect* que é compatível com o software *ArcGIS 9.3*. Essas imagens foram previamente selecionadas, e optou-se por utilizar as fotografias capturadas entre os anos de 2002 e 2010, por possuírem melhor qualidade. Ademais, as imagens tiveram seu contraste redefinido para melhor visualização da interface.

Através da ferramenta *split tool*, Serafim (2014) segmentou a linha de costa com a finalidade de classificar cada sessão de acordo com a adaptação proposta pela própria equipe do projeto RIMPEEX-SUL sobre a linha de costa de alta resolução anteriormente gerada no âmbito do projeto Plano Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina (PLDM/SC, SEAP, 2008). São essas as classes: vegetação costeira, praia, aterro, costão rochoso e desembocadura de rio.

No presente trabalho os dados apresentados por Serafim (2014) foram novamente classificados para que houvesse uma adequação dos dados de acordo com o modelo CHW. É necessário ressaltar que o modelo aborda de maneira representativa a variável arcabouço geológico através de oito diferentes classes, são elas: planície sedimentar, ilha barreira, delta/ilha estuarina, falésia, costão rochoso plano, costão rochoso inclinado, ilha coralina, canal de maré/esporão arenoso/desembocadura de rio.

Para reclassificar os dados obtidos por Serafim (2014) foi utilizado o mapa litológico disponibilizado pelo CPRM como referência no processo de reclassificação. Através desse mapa foi possível dividir a linha de costa em basicamente duas classes: “sedimento inconsolidado” e “embasamento rochoso”. As classes “praia”, “vegetação costeira” e “estrutura antrópica” propostas por Serafim (2014) coincidiam com áreas de “sedimento inconsolidado” e foram unidas nesta classe. Ademais a classe “vegetação costeira” foi utilizada também como dado de entrada para outra variável do CHW chamada “flora/fauna”, a qual será descrita posteriormente.

Por fim a classe “sedimento inconsolidado” foi reclassificada visualmente com apoio de imagens do *Google Earth* e resultou nas classes “planície sedimentar” e “ilha barreira” presentes no CHW. A classe “embasamento rochoso” originou a classe “costão rochoso inclinado” prevista no CHW, já a classe “desembocadura de rio” foi mantida e utilizada tal qual.

5.2. Exposição às ondas

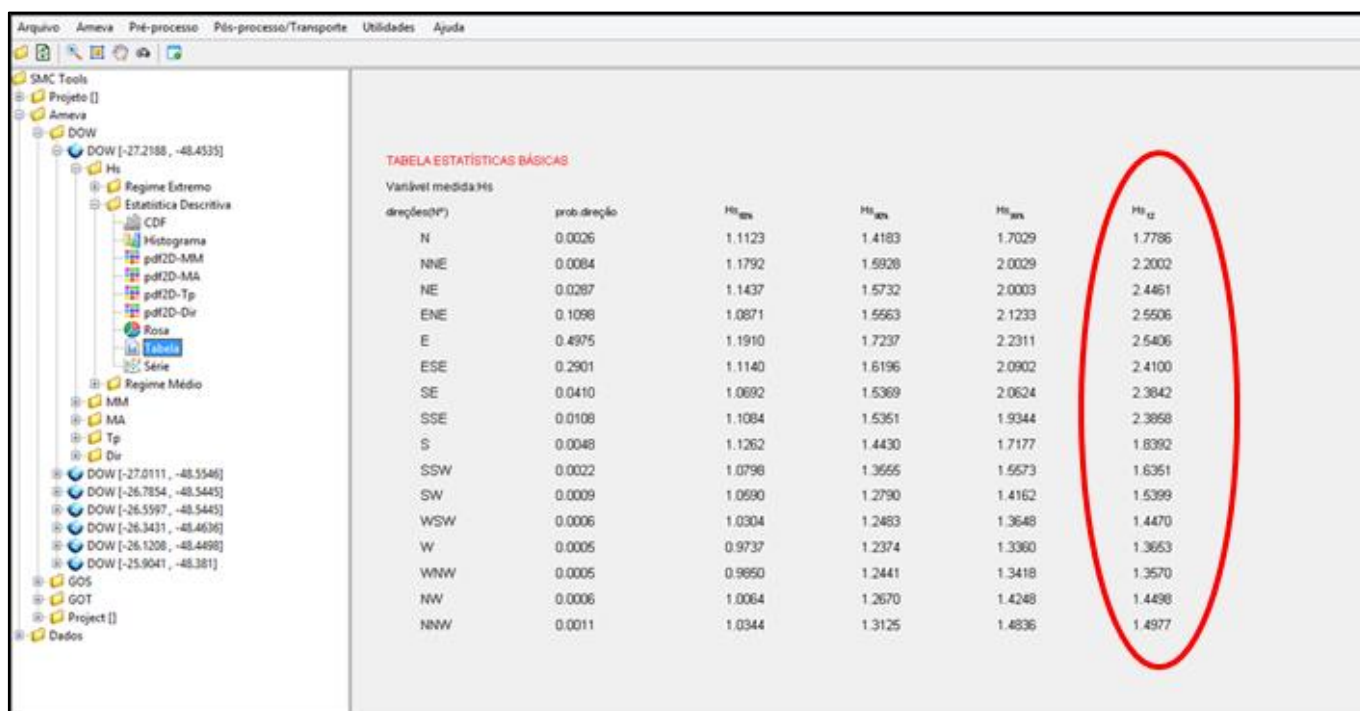
De acordo com Appelquist, Balstrøm e Halsnæs (2016), caso haja dados detalhados para a área de estudo, a variável exposição às ondas deveria ser idealmente determinada baseada na altura significativa das ondas ocorrendo continuamente durante 12 horas por ano (Hs12). Os dados de Hs12 além de descreverem um quantil de altas condições de altura de ondas, também se relacionam com “a profundidade na qual o transporte de sedimentos deixa de ser dominado por esta, sendo de grande relevância em estudos de perfis de equilíbrio de praias” (CEPAL, 2012). Tendo em vista isso, e de acordo com a classificação prevista no CHW, uma costa com $Hs12 > 3m$ é classificada como exposta (Ex), uma com $Hs12 = 1-3m$ é classificada como moderadamente exposta (Mx) e uma costa com $Hs12 < 1m$ é classificada como protegida (P). No entanto, os autores salientam que para fazer uso deste procedimento são necessários dados de onda com uma resolução de aproximadamente 1 km (APPELQUIST; BALSTRØM; HALSNÆS, 2016).

No presente estudo optou-se pela aquisição dos dados de Hs12 através do *software SMC Tools* disponível pelo Sistema de Modelagem Costeira do Brasil (SMC-Brasil), o qual inclui uma base de dados de onda DOW (*Downscaling Ocean Waves*). Essa base de dados representa uma série temporal obtida por reanálise que contém dados desde 1/fevereiro/1948 até 31/dezembro/2008 e a resolução temporal é dada a cada hora (BRASIL, 2017). Portanto foram selecionados dentro da isóbata de 20 m, 17 pontos equidistantes a cada 25 km, os quais puderam ser investigados pelo próprio software através do módulo “Análise Matemática Estatística de Variáveis Ambientais” (IH-AMEVA) que analisa estatisticamente variáveis ambientais, caracteriza e pré-processa dados de ondas disponíveis no IH-DATA.

Pelo fato do *SMC Tools* disponibilizar 16 diferentes valores de Hs12 (um valor para cada direção, Figura 3) e do CHW aceitar como dado de entrada apenas um único valor de Hs12, para cada ponto foram selecionados apenas os dados que somados representavam um valor de probabilidade de direção superior a 90%. Estes dados de Hs12 foram organizados em uma planilha do Excel, somados e multiplicados pelo seu valor respectivo de probabilidade de

direção e divididos pelo número total de dados utilizados. Sendo assim foi possível obter, através de uma média ponderada, um único valor representativo de Hs12 para cada ponto. Após obter este valor puderam-se classificar os pontos em expostos (Ex) ou moderadamente expostos (Mx). Apenas as regiões internas da Baía da Babitonga e da Baía Norte e Baía Sul de Florianópolis foram consideradas protegidas da ação de ondas. Por fim, para que a classificação dos pontos pudesse ser utilizada no modelo, houve a necessidade de passar esta informação para a geometria da linha de costa que estava sendo trabalhada em questão. Logo, foram selecionados segmentos desta linha que representassem aproximadamente 12,5 km antes e depois de cada ponto totalizando segmentos contendo 25 km de extensão, os quais foram classificados de acordo com o ponto mais próximo.

Figura 3 - Ambiente do software SMC Tools com 16 diferentes valores para a coluna de Hs12.



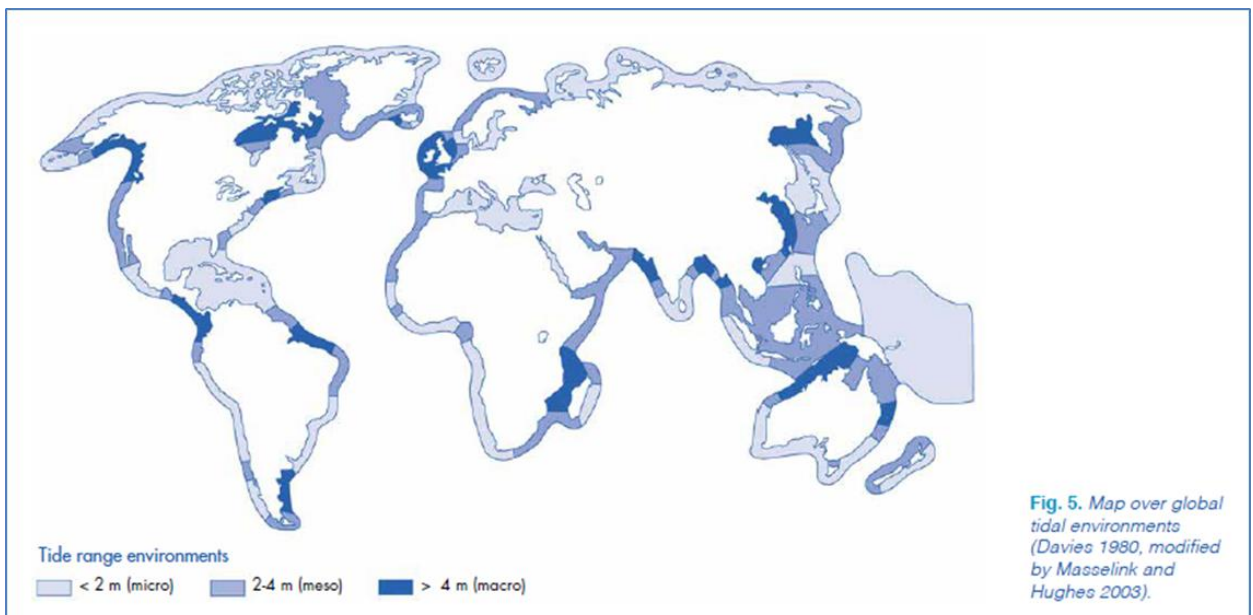
Fonte: SMC Tools Brasil.

5.3. Amplitude de maré

A amplitude de maré pode ser definida como a diferença entre as alturas da maré mais alta (preamar) e a maré mais baixa (baixamar) durante um ciclo de maré (SCHWARTZ, 2005 apud APPELQUIST, 2012). Ademais, a amplitude de maré varia de região para região, dependendo principalmente da distância entre a localidade em questão e um ponto anfifrômico assim como da batimetria, da largura da plataforma continental e da geomorfologia costeira (HASLETT, 2008).

É possível separar as linhas de costa em três diferentes classes de acordo com a amplitude de maré, sendo essas: micromaré, mesomaré, macromaré (SCHWARTZ, 2005 apud APPELQUIST, 2012). Áreas onde a amplitude de maré varia mais que 4 metros são consideradas regiões de macromaré. Onde a maré varia entre 2 a 4 metros, considera-se como ambientes de mesomaré. Regiões onde a amplitude de maré não ultrapassa 2 metros são definidas como ambientes de micromaré (HASLETT, 2008), e como a costa de Santa Catarina possui marés variando entre 1,05m ao norte e 0,43m ao sul, conclui-se que a área de estudo possui um regime de micromaré (KLEIN, SHORT & BONETTI, 2016). Ademais a Figura 4 a seguir, ilustra e confirma esta classificação.

Figura 4 - Mapa global classificado quanto à amplitude de marés.



Fonte: Appelquist, Balstrøm e Halsnæs (2016).

Segundo Appelquist, Balstrøm e Halsnæs (2016), normalmente longas distâncias da costa podem ser categorizadas igualmente no que diz respeito à amplitude da maré, e caso essa categorização já tenha sido feita para determinada área, considera-se relativamente simples a classificação desta variável no CHW.

5.4. Flora/fauna:

A classificação desta variável é baseada em nove diferentes categorias: marisma intermitente, manguezal intermitente, marisma/planície de maré, manguezal/planície de maré, vegetada, não vegetada, coral e qualquer.

As classes “marisma intermitente” e “marisma/planície de maré” assim como as classes “manguezal intermitente” e “manguezal/planície de maré” estão presentes em costas as quais o arcabouço geológico seja classificado como “planície sedimentar”, “ilha barreira” e “deltas/ilhas estuarina”. As classes “vegetada” e “não vegetada” se enquadram nos arcabouço geológicos “falésias”, onde a vegetação desempenha um papel importante nas características da costa. Nesse caso, categoria “vegetada” é aplicada às falésias com mais de 25% cobertas por vegetação e a categoria “não vegetada” se adequa a falésias com menos de 25% de cobertura de vegetação (APPELQUIST; BALSTRØM; HALSNÆS, 2016).

Para analisar esta variável foi utilizada a classe “vegetação costeira”, presente na linha de costa digitalizada por Serafim (2014). As regiões que foram definidas pela autora como “vegetação costeira” foram novamente avaliadas através de imagens de satélite disponibilizadas no Google Earth e disponíveis no complemento *Open Layer* do software QGIS. Após esta avaliação pôde-se encontrar “marisma intermitente” ou “manguezal intermitente” e reclassificar a classe “vegetação costeira” proposta por Serafim (2014) de acordo com as variáveis de entrada previstas no CHW.

5.5. Balanço sedimentar:

No CHW a variável referente ao balanço sedimentar pode ser classificada em duas categorias principais: balanço/déficit e acreção, e duas categorias especiais: sem praia e praia, que neste caso, se aplicam às linhas de costa compostas por rochas ígneas/metamórficas.

Appelquist, Balstrøm e Halsnæs (2016), afirmam que para o CHW a avaliação do balanço sedimentar pode ser feita através de dados básicos de satélite disponíveis no *Google Earth*. Mais especificamente os autores recomendam desenhar uma linha paralela a linha da vegetação baseada na imagem de satélite mais recente. Logo, o balanço sedimentar pode ser inferido através da comparação com fotografias mais antigas, determinando balanço sedimentar onde a vegetação se manteve estável, déficit de sedimentos onde a vegetação se moveu em direção ao continente e excesso de sedimentos onde a vegetação migrou em direção ao mar. Para todas as linhas de costa compostas por rochas ígneas/metamórficas, o

balanço sedimentar é classificado através da identificação de algum tipo de ambiente de praia através de imagens de satélite.

Ademais, de acordo com Appelquist, Balstrøm e Halsnæs (2016) o levantamento de dados pode ser complementado por verificações em campo e pela constatação de possível erosão ou acreção, mudanças na linha da vegetação ou alterações antrópicas.

Apesar disso, no presente trabalho optou-se pela utilização de dados de taxa de variação de linha de costa previamente levantados por diversos autores (Tabela 1) para a obtenção da variável de entrada referente ao balanço sedimentar. Esta escolha se deu devido à grande disponibilidade destes dados de resolução relativamente alta que descrevem, em alguns casos, períodos de até 70 anos.

Tabela 1 - Dados utilizados para verificar o balanço sedimentar.

Praia (Município)	Datas das imagens/fotografias	Taxa (m/ano)	Referência
Praia Grande – Ervino (São Francisco do Sul)	1957, 1978, 1995, 2011	-0,35	Serafim (2014)
Armação de Itapocorói (Piçarras)	1957, 1978, 1995, 2005	-0,13	Freitas (2008)
Ingleses (Florianópolis)	1957, 1978, 1994, 2002, 2007, 2009	-0,73	Muler (2012)
Moçambique - Barra da Lagoa (Florianópolis)	1957, 1978, 1994, 2002, 2007, 2010	-0,35	Muler (2012)
Armação (Florianópolis)	1957, 1978, 1994, 2002, 2007, 2011	-0,18	Muler (2012)
Itapirubá (entre Imbituba/Laguna)	1938, 1957, 1978, 1995, 2009	-0,25	Silva (2010)
Rincão (Balneário Rincão)	1957, 1978, 1995, 2011	-0,3	Serafim (2014)

Fonte – Adaptado de Serafim (2014).

As taxas de variação da linha de costa propostas por Serafim (2014), Muler (2012) e Freitas (2008) foram calculadas incluindo o Erro Quadrático Médio (RMS, na sigla em inglês) no programa *ArcGIS* com auxílio da ferramenta *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), complemento desenvolvido pelo *United States Geological Survey* (THIELER, 2009). Segundo Silva (2010) a taxa de variação da linha de costa da praia de Itapirubá foi verificada com auxílio do *software ArcView 9.2* através da fotointerpretação evolutiva da linha de costa. Apesar de Silva (2010) considerar a análise realizada significativa no âmbito do seu trabalho, deixa explícita a possibilidade de erro e incertezas. Para o presente estudo os dados da praia de Itapirubá também podem ser considerados satisfatórios.

Todos os dados levantados por Serafim (2014), Silva (2010), Muler (2012) e Freitas (2008) foram digitalizados seguindo a interface entre areia úmida e areia seca.

Segundo Appelquist, Balstrøm e Halsnæs (2016), durante a realização do estudo se deve ter cuidado ao utilizar como referência a linha de preamar, já que a mesma pode não ser representativa no que diz respeito ao balanço sedimentar devido às variações da maré. Porém de acordo com Cromwell et. al. (1991) condições como as presentes na costa de Santa

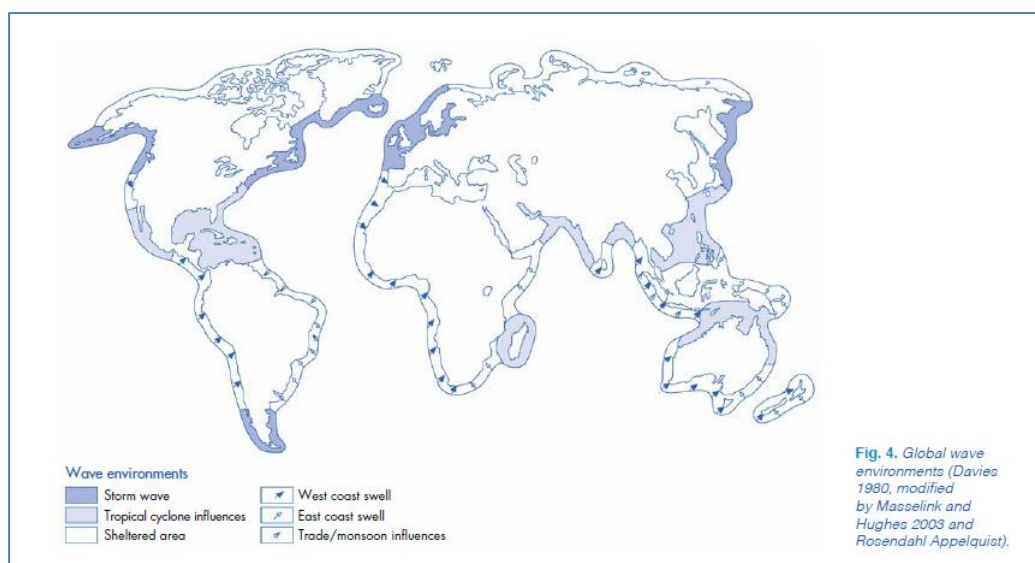
Catarina, são bastante favoráveis para utilizar a interface entre areia úmida e seca como referência, tendo em vista que a região está sob um regime de micro-marés de fase semi-diurna.

Ademais, no manual de utilização do CHW os autores dizem que o usuário deve aplicar a variável “balanço/déficit” no modelo em caso de incertezas na aferição do balanço sedimentar ou em caso de descaracterização da linha de costa devido à intervenção humana como obras de engordamento praial e mineração de areia (Appelquist, Balstrøm e Halsnæs, 2016). Com a prerrogativa de que a variável “balanço/déficit” é considerada padrão para o CHW, no âmbito deste trabalho esta classificação foi adotada para as regiões internas da Baía da Babitonga e da Baía Norte e Sul de Florianópolis, já que nestas áreas houve a carência de qualquer análise de variação de linha de costa.

5.6. Clima de tempestades:

A classificação proposta pelo CHW utiliza o mapa representado na Figura 5 e divide as áreas de estudos em duas categorias: áreas com atividade de ciclones tropicais e áreas sem atividade de ciclones tropicais, sem considerar a frequência de ocorrência destes fenômenos. O modelo considera que em áreas onde há a ocorrência de ciclones tropicais se aplica “sim” (yes). Para regiões fora das latitudes 5°-15°N e 5°-15°S, ou seja, regiões fora da área sob influência de ciclones tropicais, considera-se “não” (no) (APPELQUIST; BALSTRØM; HALSNÆS, 2016).

Figura 5 - Mapa global classificado quanto ao clima de onda e área sob influência de ciclone tropical.



Fonte: Appelquist, Balstrøm e Halsnæs (2016).

5.7. Integração e espacialização dos dados

Para obter a classificação da linha de costa de SC de acordo com os ambientes previstos no CHW, foi necessária a integração e espacialização dos dados gerados. Apesar de o modelo admitir seis diferentes variáveis de entrada, foram produzidas apenas quatro diferentes linhas de costa, já que para as variáveis amplitude de maré e clima de tempestades se aplica somente uma classe ao longo de toda a área de estudo. Portanto, sabendo que toda a linha de costa de SC possui amplitude de micromaré e não é afetada pela incidência de ciclones tropicais, fez-se desnecessária a espacialização destas variáveis. Ademais, os dados de variação de linha de costa obtidos demonstraram déficit ao longo de toda a área de estudo de acordo com a escala adotada. Logo, apesar de haver sido produzida uma linha de costa para esta variável a mesma não foi amplamente utilizada durante na integração dos dados, já que através desta linha de costa se pode averiguar déficit sedimentar em toda a costa de SC.

Portanto os dados que apresentaram maior variabilidade entre si foram essenciais na classificação da área de estudo de acordo com os ambientes previstos pelo CHW. Para identificar os ambientes e integrar as variáveis de arcabouço geológico, exposição às ondas, flora/fauna utilizou-se a linha de costa previamente digitalizada e disponibilizada pelo LOC como geometria padrão para a classificação. Esta linha de costa foi segmentada em diversos segmentos contendo aproximadamente 50 m cada através do comando “*v.split.length*” o qual pode ser encontrado na “Caixa de ferramentas” do software *Quantum GIS*. Como a linha de costa utilizada já havia sido classificada por Serafim (2014), a mesma pôde ser categorizada no *QGIS* gerando uma linha de costa classificada em “vegetação costeira”, “costão rochoso”, “desembocaduras”, “praias” e “estruturas antrópicas”. Após isso foi habilitada apenas a classe “vegetação costeira” e esta foi selecionada manualmente para gerar uma nova camada chamada “flora/fauna”. Segundo foi habilitada apenas a camada “desembocaduras” e gerou-se a camada para desembocaduras de rio e o mesmo processo se repetiu para gerar a camada “costões rochosos”. Por fim, as classes “praias”, “estruturas antrópicas” e “vegetação costeira” foram compiladas em uma camada chamada de “sedimento inconsolidado” através da comparação com um mapa litológico do CPRM. Esta camada foi reclassificada visualmente com apoio de imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth e, portanto, dividida em duas novas camadas chamadas de “planícies sedimentar” e “ilhas barreiras”.

Então a espessura da linha de costa representativa para a exposição às ondas foi alterada para conter 1 mm. Para as outras linhas de costa geradas se optou por uma espessura

de 0,2 mm e após isso estas linhas de costa sobrepuseram a linha de costa para a exposição. Logo, foi possível selecionar manualmente as intersecções entre as variáveis e gerar novas camadas contendo a classificação final de acordo com os ambientes previstos no CHW. É válido ressaltar que se atentarmos ao diagrama do CHW se nota que a camada “flora/fauna” foi necessária apenas nas planícies sedimentares protegidas da ação de ondas. Isto ocorreu, por exemplo, nas áreas internas da Baía da Babitonga e nas áreas internas das Baías Sul e Norte da Ilha de SC.

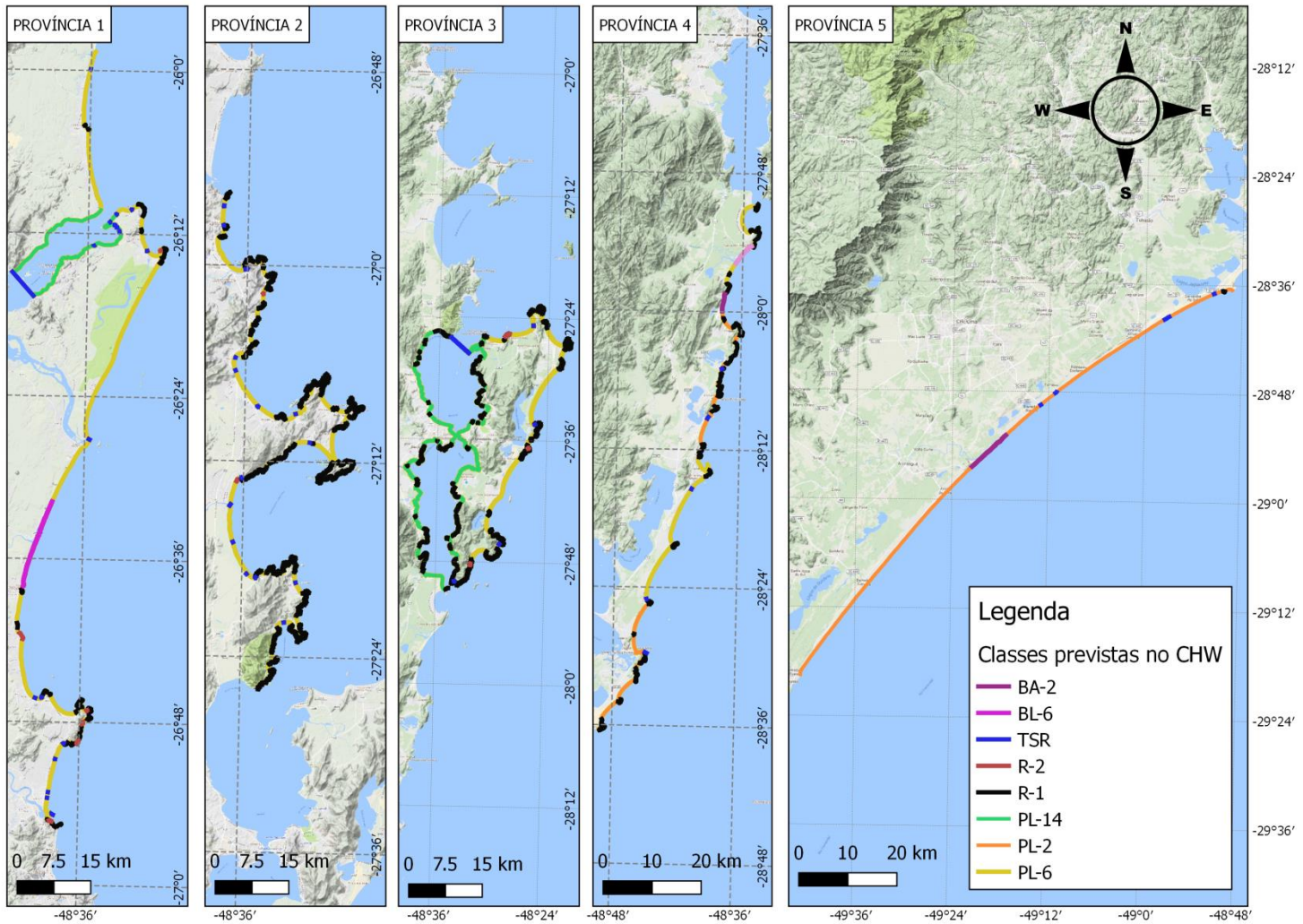
Por último, após gerar a linha de costa classificada com os ambientes previstos no CHW se pôde gerar a linha de costa final com os níveis de suscetibilidade de cada região. Isto foi feito através da visualização do diagrama proposto pelo modelo e da identificação dos níveis de suscetibilidade para cada ambiente.

6. RESULTADOS

No presente estudo foi possível identificar a ocorrência de oito diferentes ambientes previstos no CHW distribuídos ao longo de toda a costa de Santa Catarina (Figura 6). Dentre esses oito ambientes encontraram-se dois tipos de costão rochoso (R-1 e R-2), três tipos de planície sedimentar (PL-14, PL-6 e PL-2), dois tipos de ilha barreira (BA-2 e BA-6) e a classe TSR que se refere às desembocaduras de rio.

A partir desta identificação, classificou-se a linha de costa de acordo com os níveis de suscetibilidade intrínsecos em cada um desses ambientes. Logo foram produzidas cinco representações cartográficas que dizem respeito às cinco diferentes províncias propostas por Klein, Short & Bonetti (2016) e os níveis de suscetibilidade destas províncias mediante aos cinco diferentes impactos dos perigos costeiros previstos no CHW.

Figura 6 – Classificação da linha de costa de SC segundo as classes previstas no CHW.



6.1. Arcabouço Geológico

Dentre as classes previstas no CHW foi possível identificar quatro diferentes tipos de arcabouço geológico presentes ao longo da costa de SC (Figuras 7, 8, 9, 10 e 11). O modelo aceita como variável de entrada oito diferentes classes, sendo estas planície sedimentar, ilha barreira, delta, falésias, costão rochoso plano, costão rochoso inclinado, ilhas coralíneas e desembocadura de rio/canal de maré/esporão arenoso. Na área de estudo se notou a presença de planícies sedimentares, ilhas barreira, costões rochosos e desembocadura de rios. Destacam-se as ilhas barreira que estão presentes apenas nas províncias 1 (Figura 7), 4 (Figura 10) e 5 (Figura 11).

Figura 7 – Resultados referentes ao arcabouço geológico para Província 1.

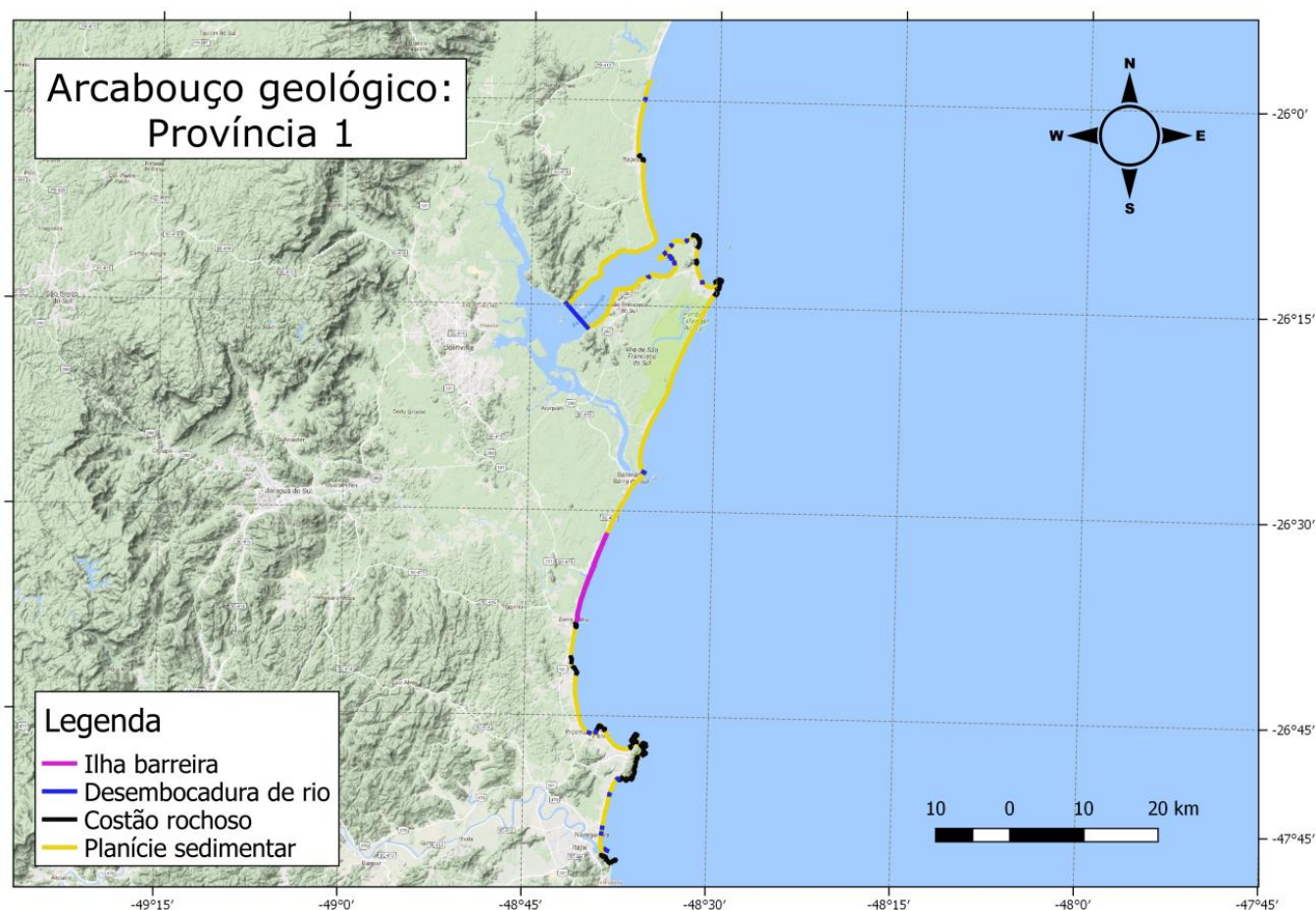


Figura 8 - Resultados referentes ao arcabouço geológico para Província 2.

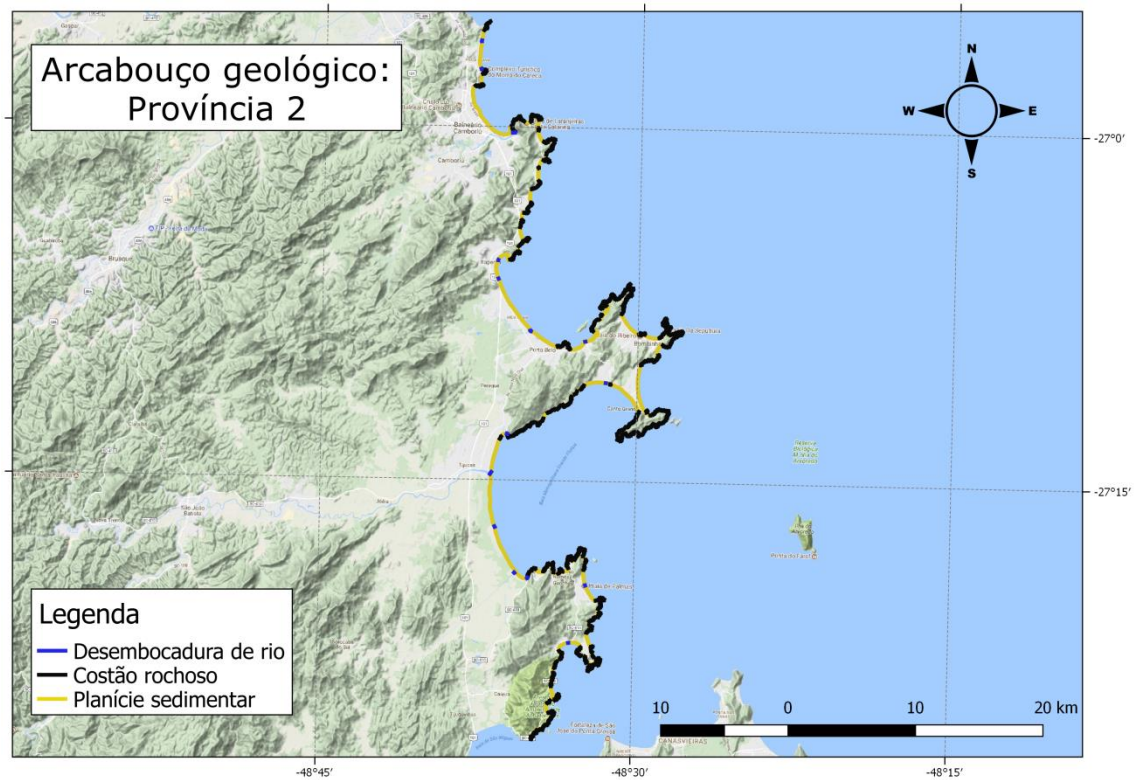


Figura 9 - Resultados referentes ao arcabouço geológico para Província 3.

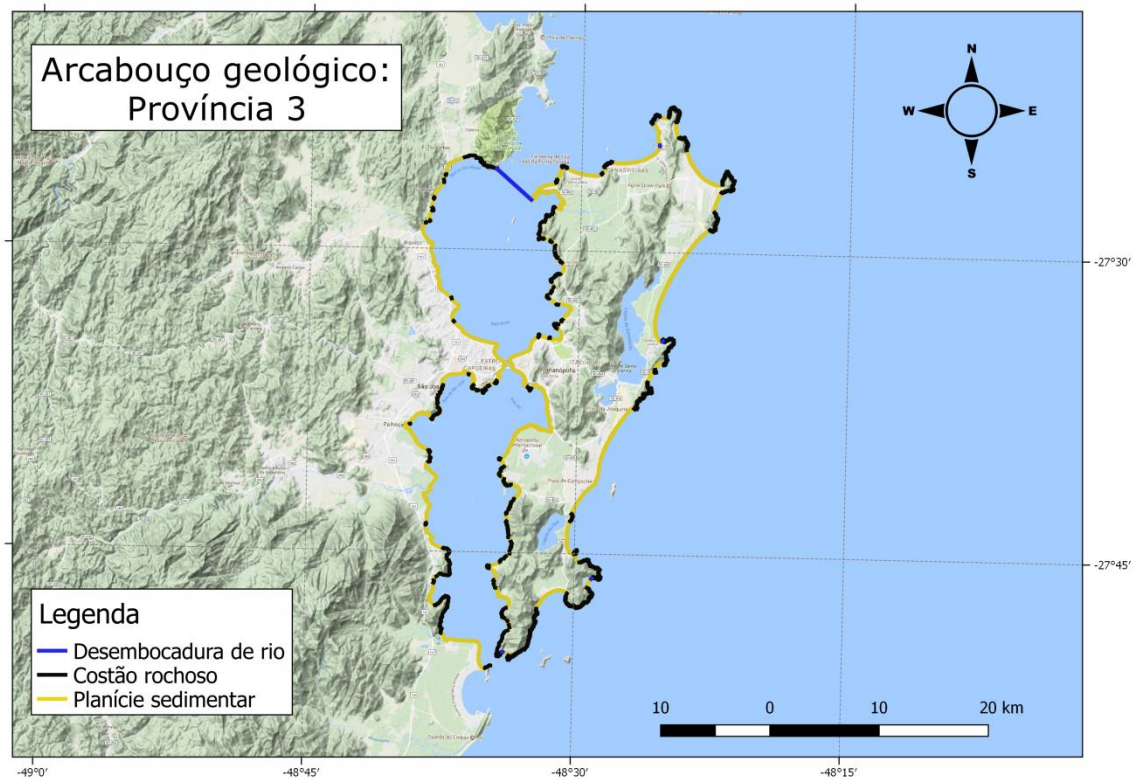


Figura 10 - Resultados referentes ao arcabouço geológico para Província 4.

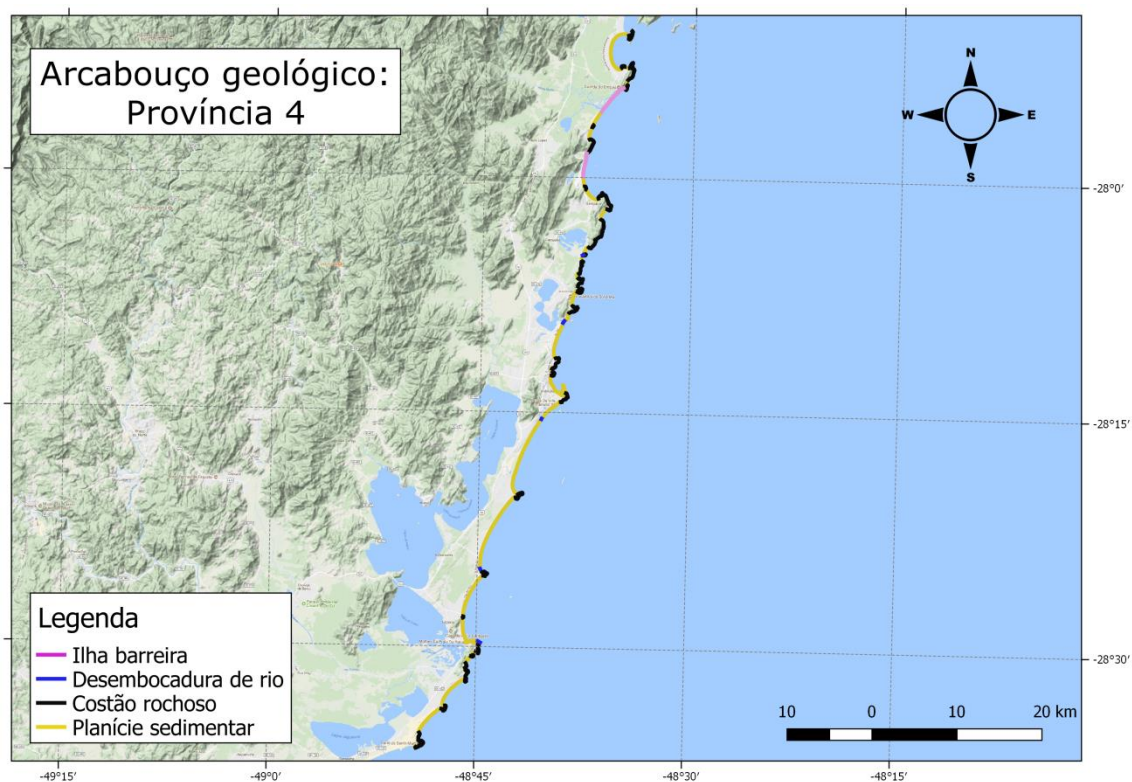
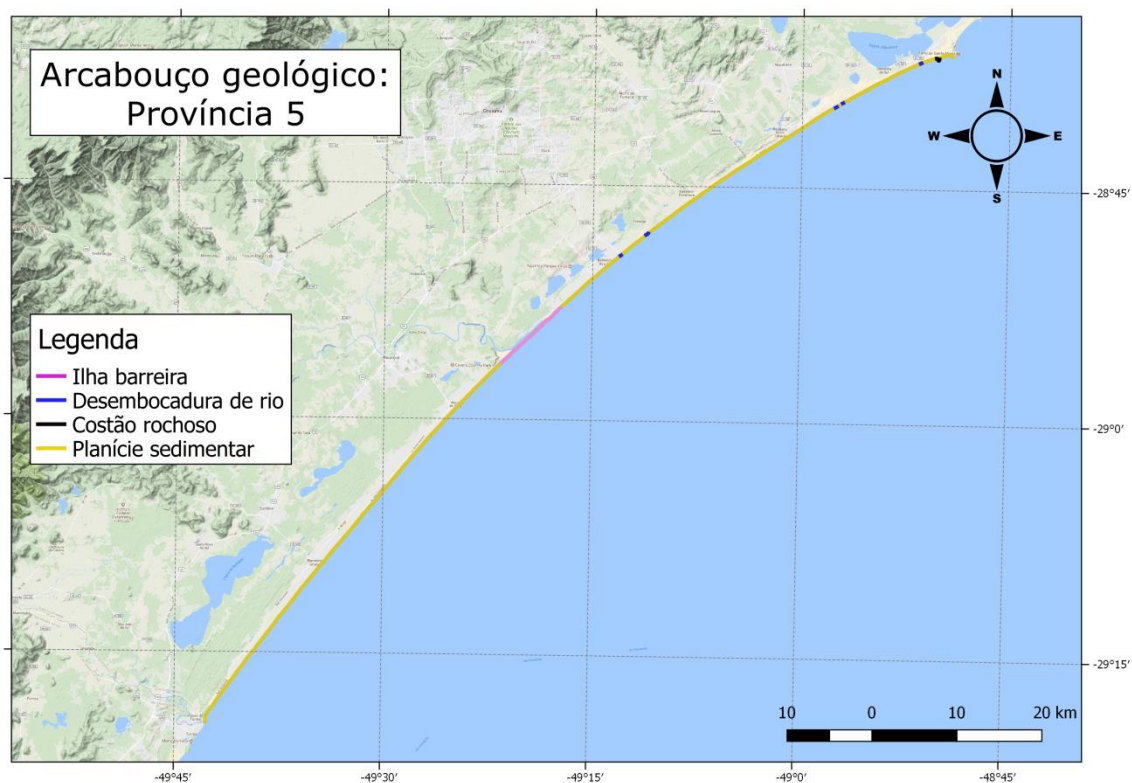


Figura 11 - Resultados referentes ao arcabouço geológico para Província 5.



6.2. Exposição às ondas

Foi possível identificar a presença de todas as classes previstas no CHW para a exposição às ondas (Figura 12). Se considerado que cada ponto escolhido possui 25 km de distância entre si, é possível concluir que uma extensão de aproximadamente 225 km foi classificada como exposta à ação de ondas. Além desta região, a parte central e norte da Ilha de Santa Catarina também foram consideradas como expostas, assim como o ponto mais ao norte da área de estudo. Apenas as regiões internas da Baía da Babitonga e das Baías Sul e Norte da Ilha de Santa Catarina foram classificadas como protegidas da ação de ondas. Todos os segmentos restantes foram identificados como moderadamente expostos.

Figura 12 - Mapa da variável “exposição às ondas” para costa de SC.



6.3. Flora/fauna

Esta variável influenciou apenas na classificação de duas localidades por serem planícies sedimentares protegidas das ações de ondas. Este tipo de ambiente foi identificado nas regiões internas da Baía da Babitonga (Figura 13) e nas regiões internas da Baía Sul e Baía Norte da Ilha de Santa Catarina (Figura 14). Ademais nessas regiões considerou-se a presença de manguezal como vegetação costeira predominante.

Figura 13 – Manguezal identificado na Baía da Babitonga.

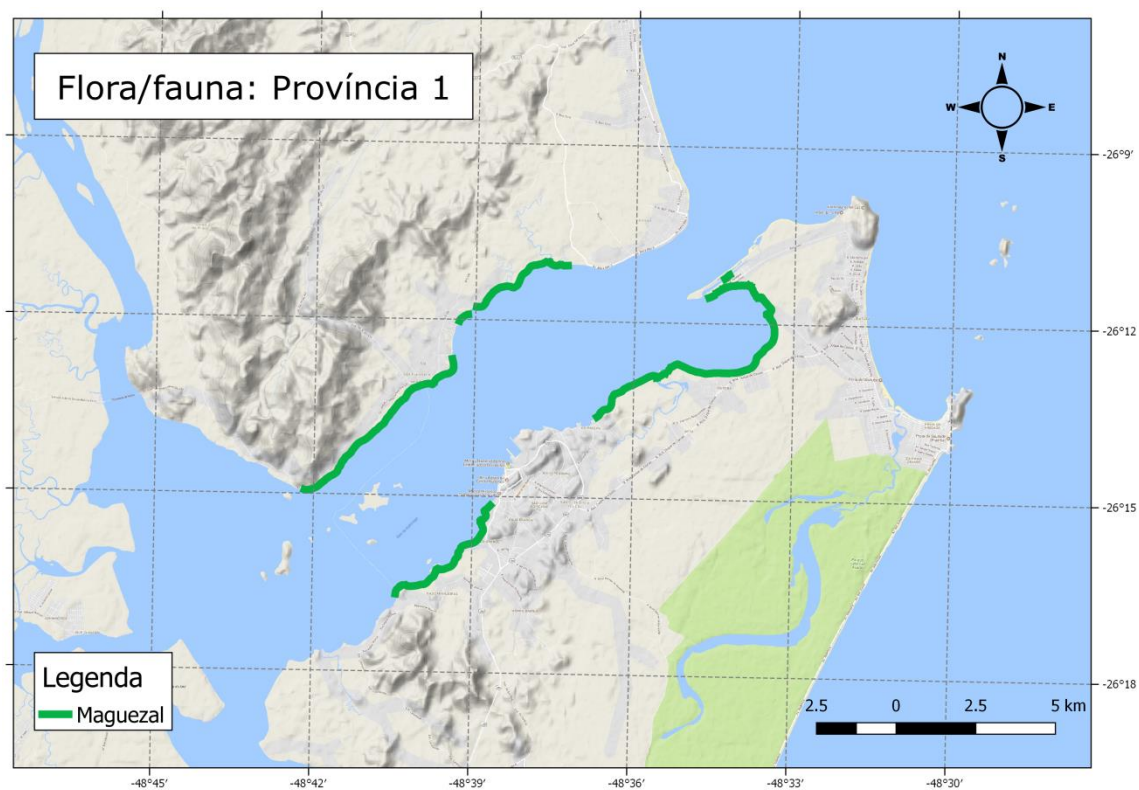
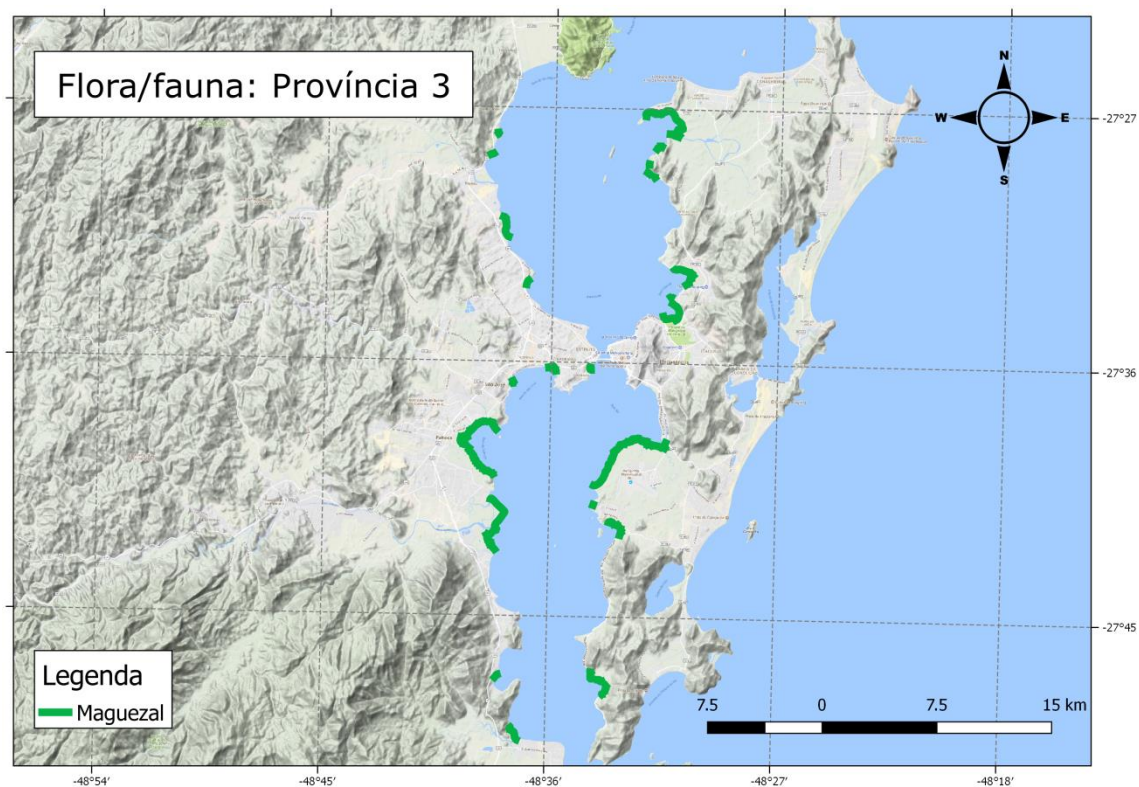


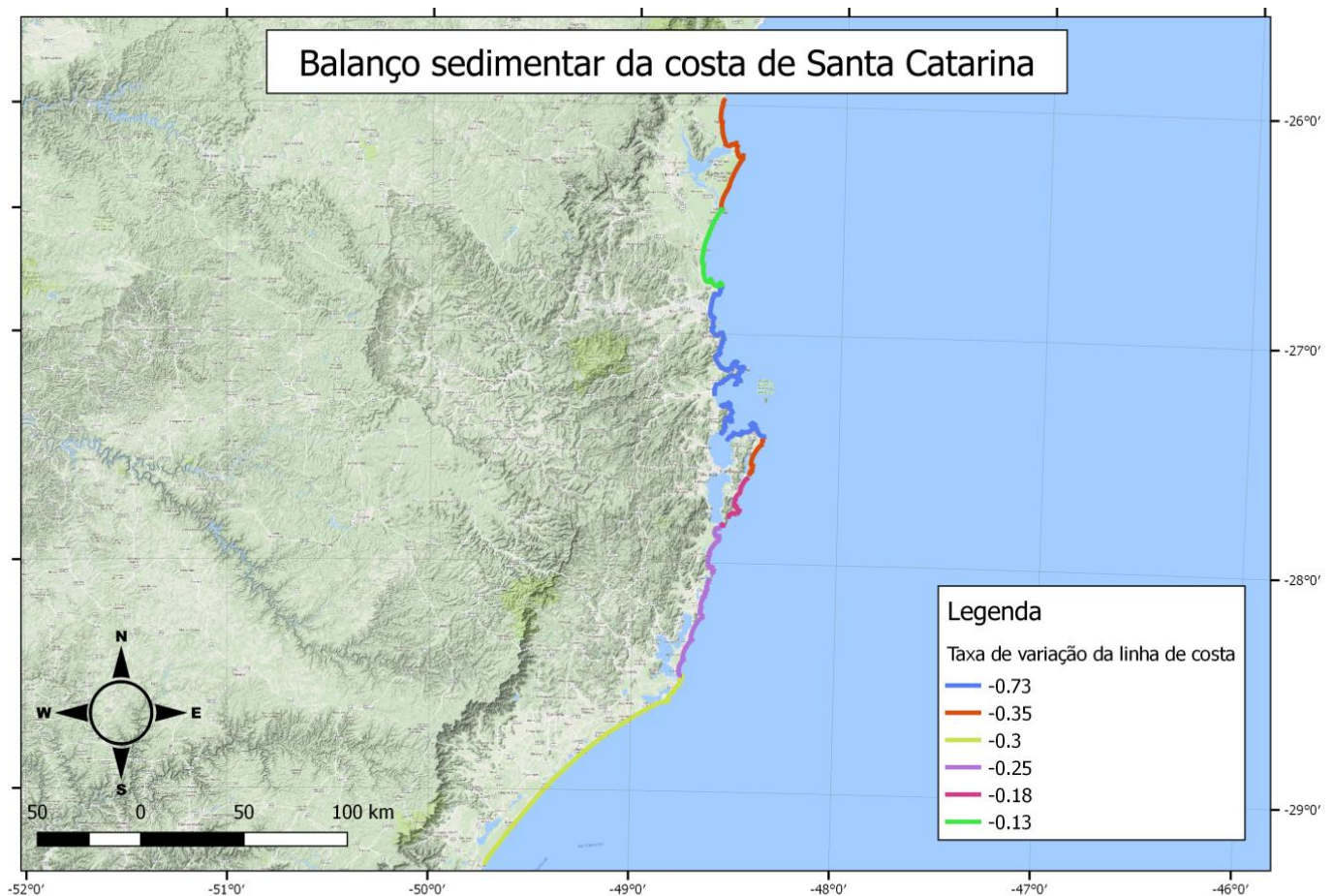
Figura 14 – Manguezal identificado na Baía Sul e Baía Norte da Ilha de SC.



6.4. Balanço sedimentar

Quanto ao balanço sedimentar foi possível concluir através dos dados descritores da taxa de variação da linha de costa que toda a área de estudo apresenta déficit sedimentar (Figura 15). Além disso, de acordo com Appelquist, Balstrøm e Halsnæs (2016) as regiões que apresentam incertezas ou falta de dados quanto ao balanço sedimentar, devem ser classificadas como regiões com déficit (“balance/déficit”). Por esse motivo as regiões internas da Baía da Babitonga e das Baías Sul e Norte da Ilha de SC foram todas consideradas como área em balanço/déficit sedimentar devido à carência de dados nessas localidades.

Figura 15 – Mapa com a taxa de variação de linha de costa da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Serafim (2014).

6.5. Comparação de suscetibilidade entre as províncias

Os gráficos apresentaram variabilidade entre os resultados para cada província o que demonstra a boa sensibilidade do modelo em escala local. Se nota que quanto à perturbação dos ecossistemas (Gráfico 1), com exceção das províncias 1 e 3, pode-se dizer que a costa de SC é moderadamente suscetível. No que diz respeito à submersão gradual os dados apresentaram maior variabilidade (Gráfico 2). Entretanto para intrusão de água salgada se nota que a costa de SC é moderadamente suscetível no geral (Gráfico 3). Os impactos de erosão (Gráfico 4) e inundação costeira (Gráfico 5) são os que apresentam maiores valores de suscetibilidade da área de estudo. Os dados utilizados na produção destes gráficos podem ser visualizados nas tabelas em ANEXO.

Gráfico 1 - Porcentagem de segmentos da linha de costa de SC suscetíveis à perturbação do ecossistema.

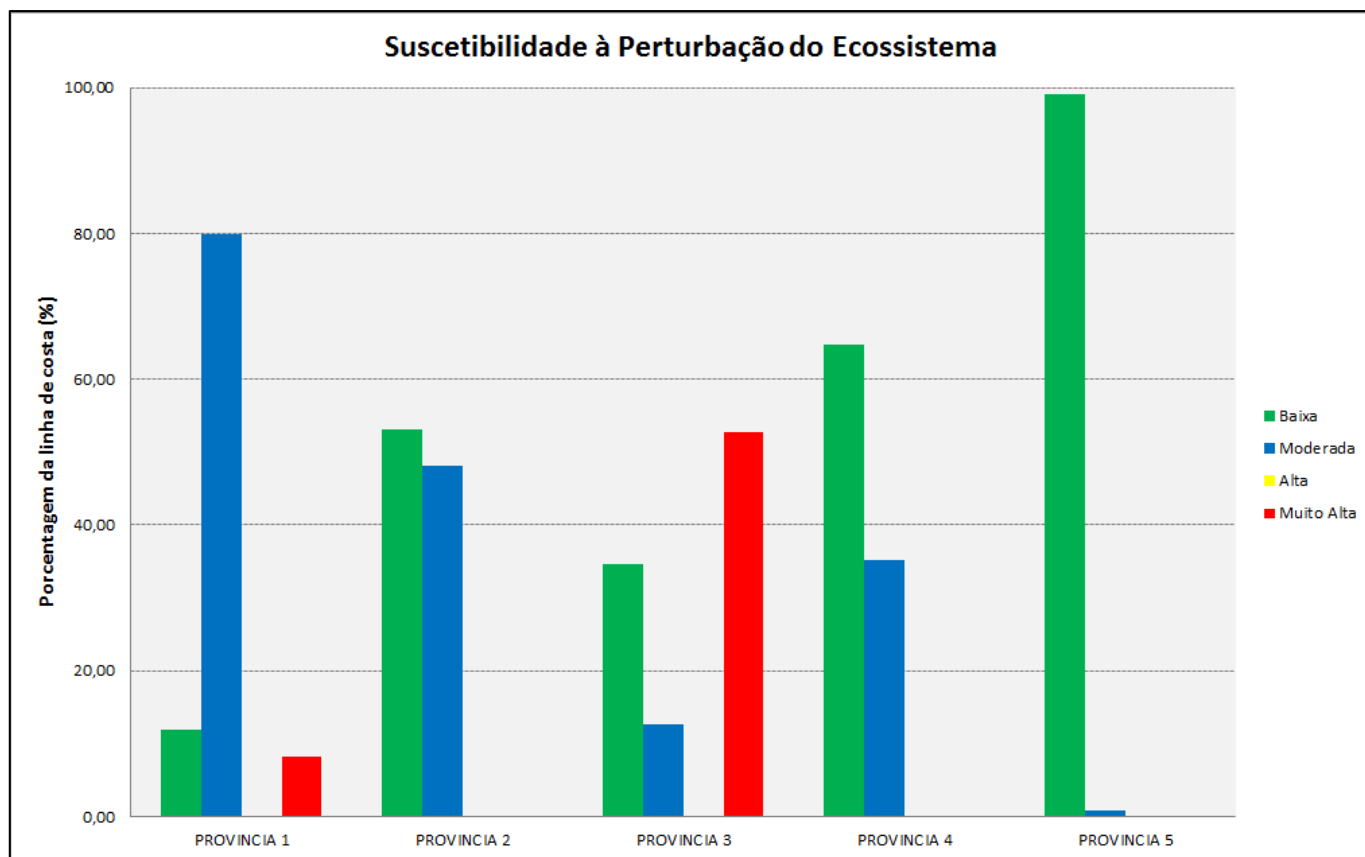


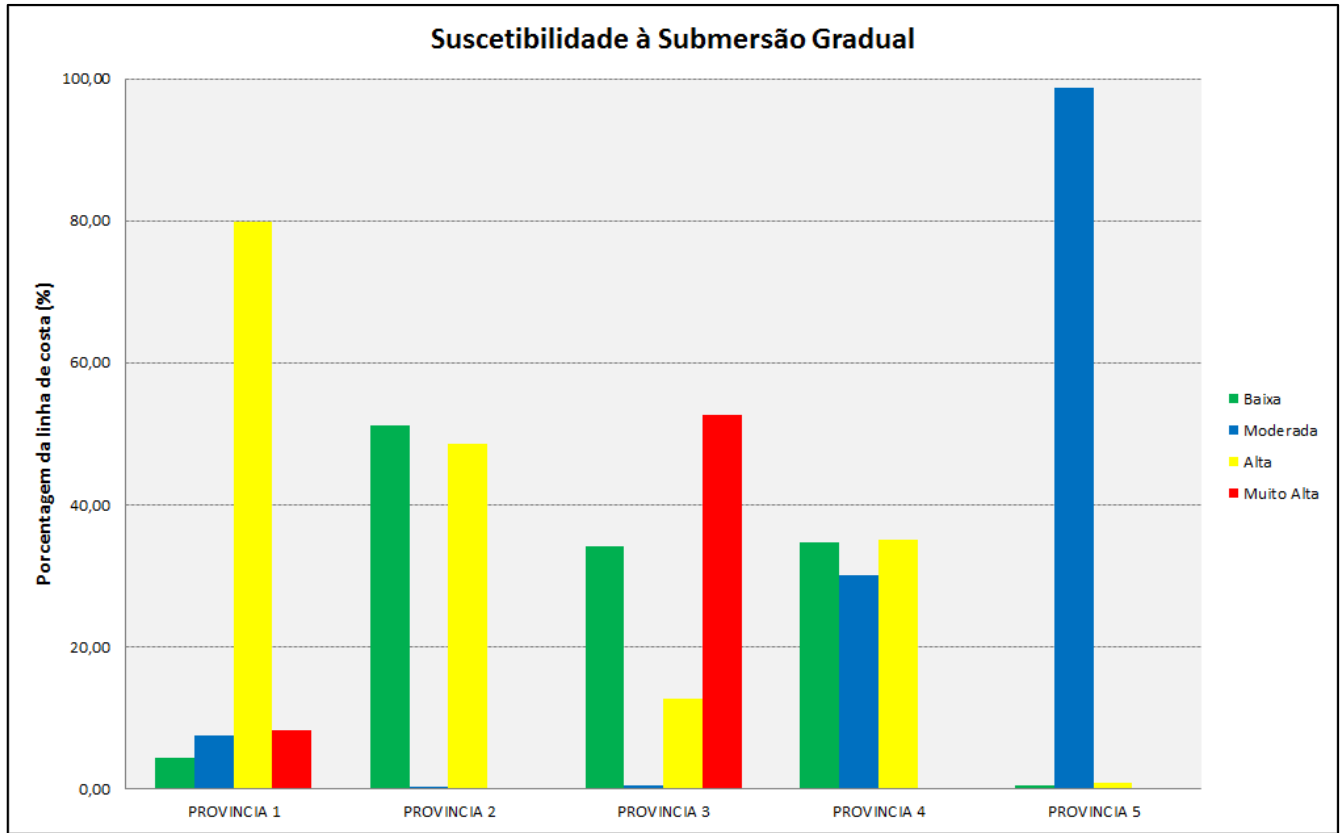
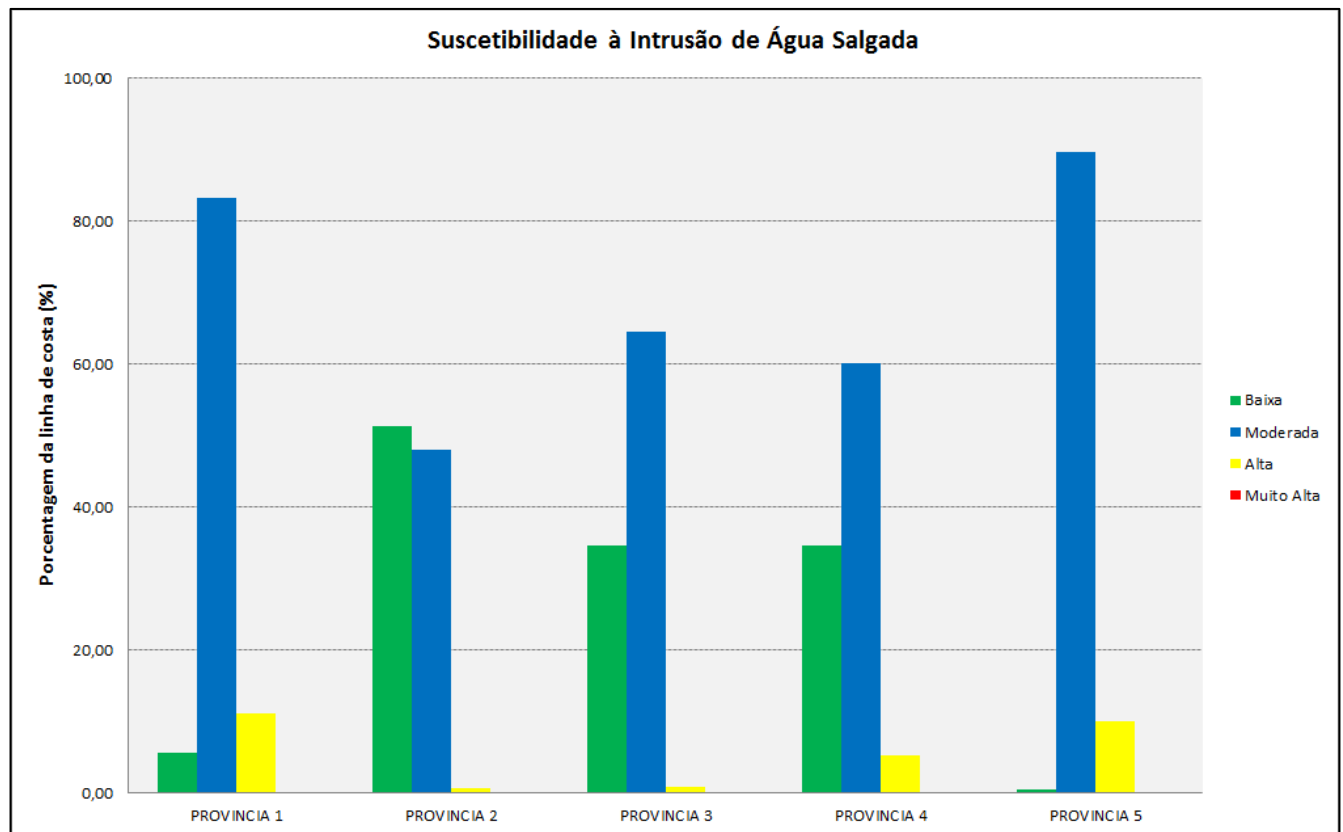
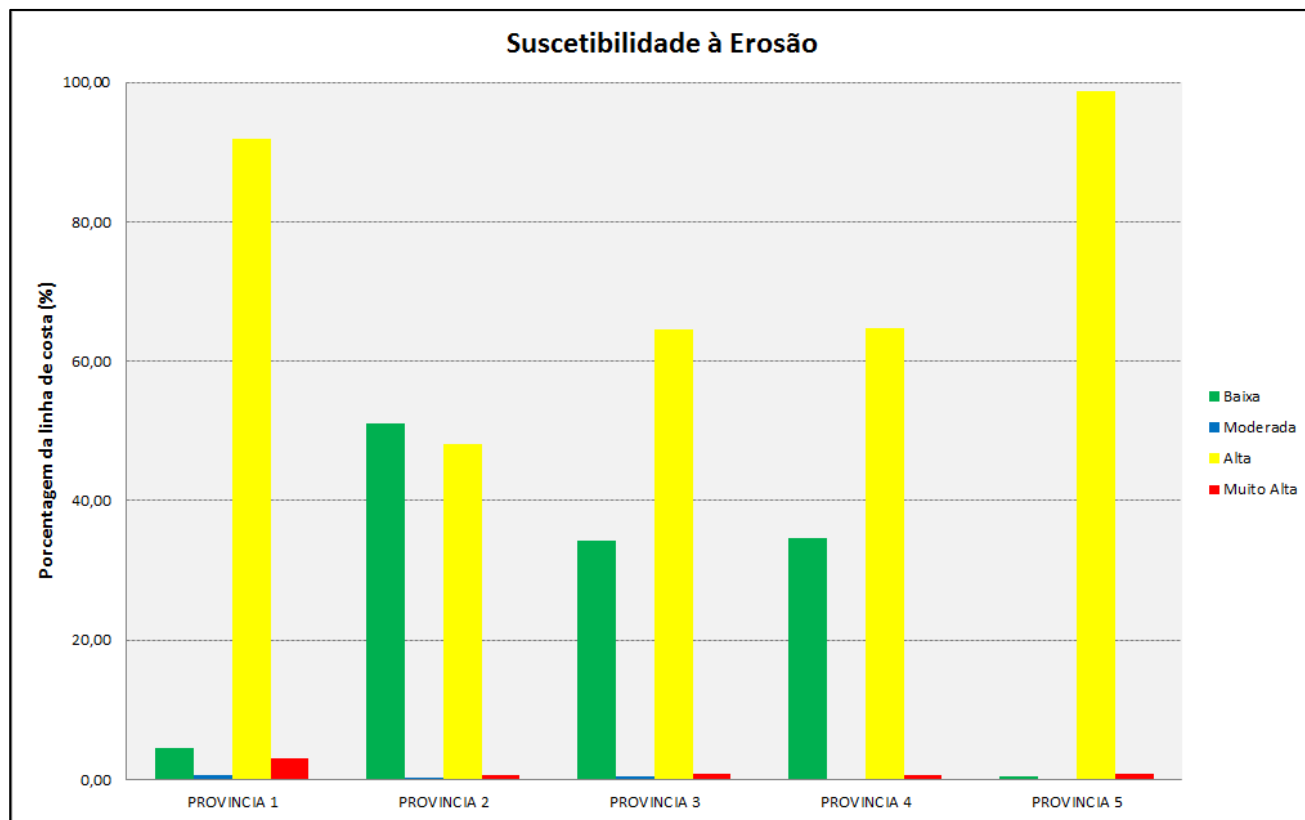
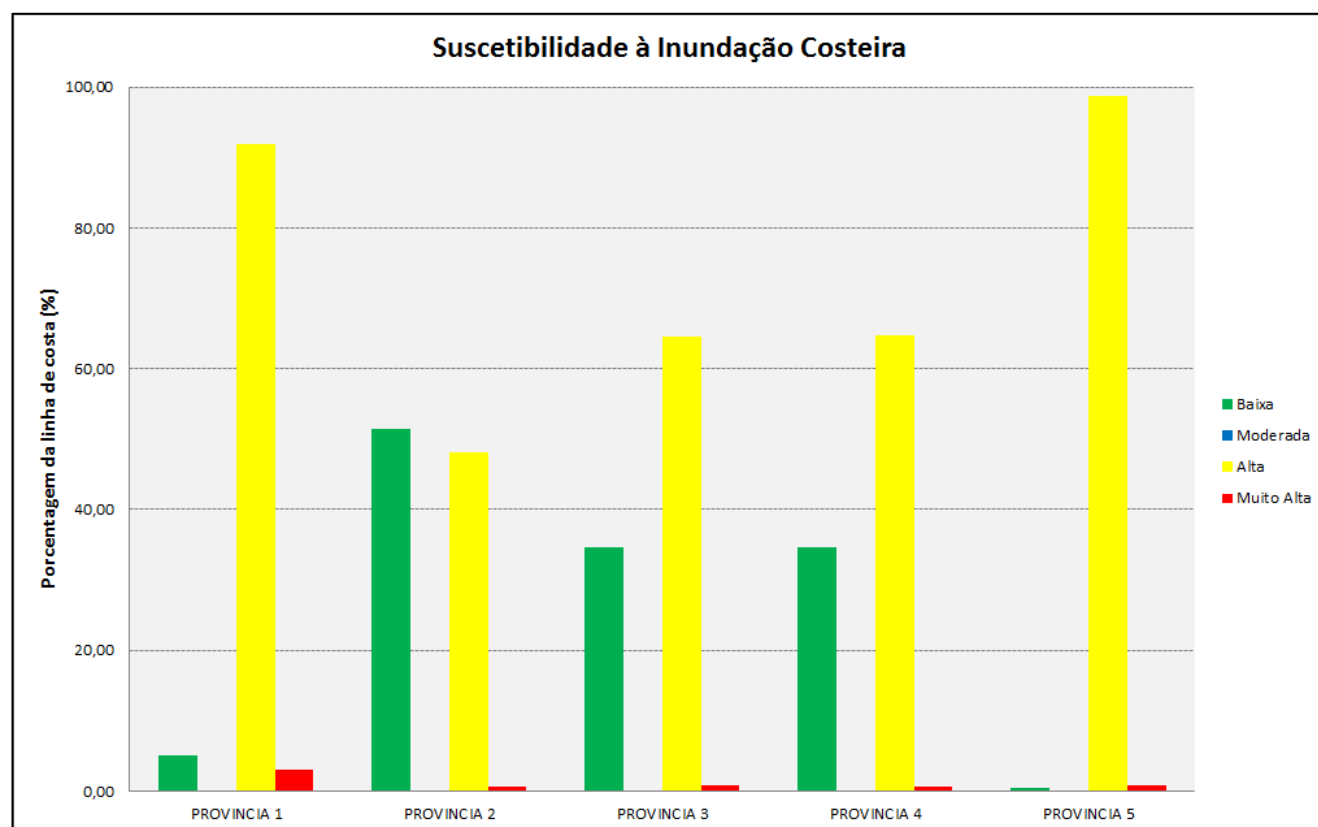
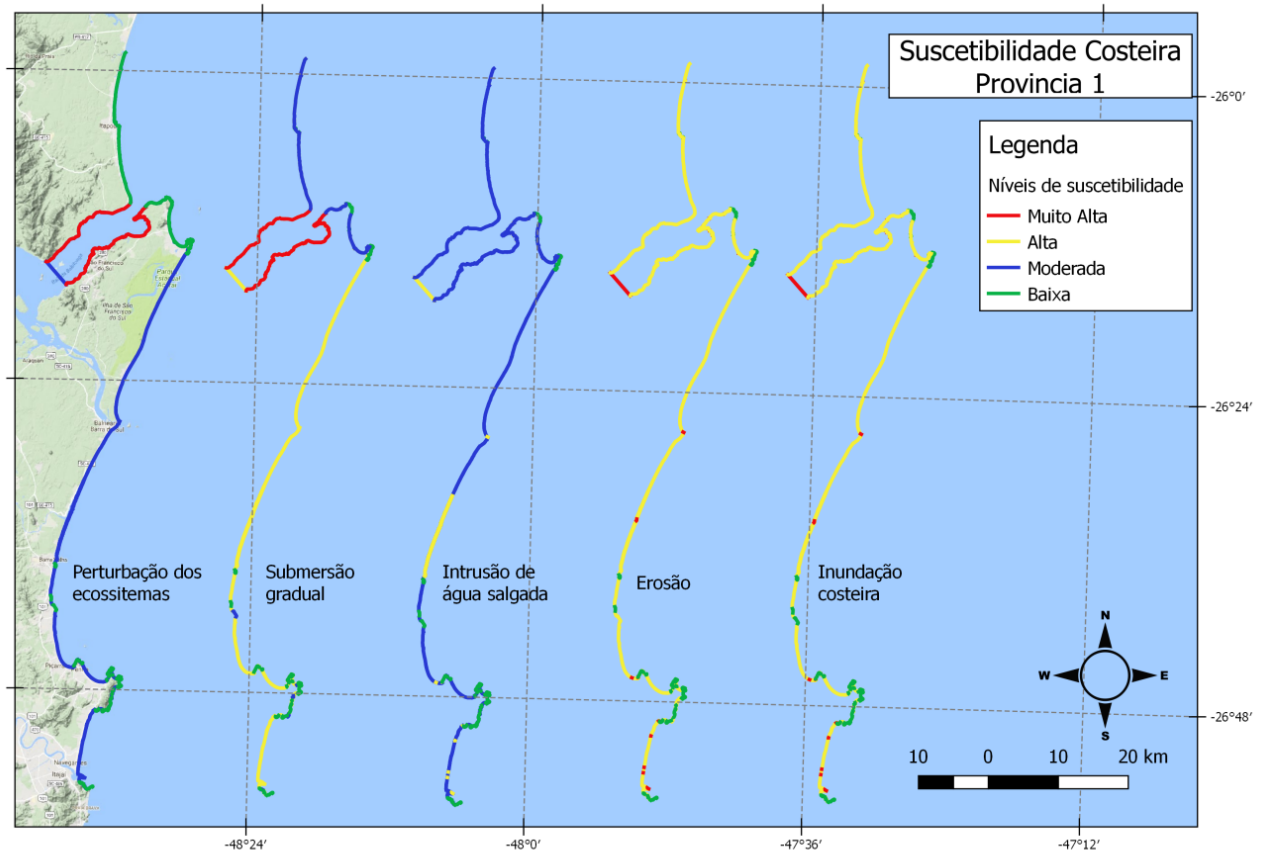
Grafico 2 - Porcentagem de segmentos da linha de costa de SC suscetíveis à submersão gradual.**Gráfico 3** - Porcentagem de segmentos da linha de costa de SC suscetíveis à intrusão de água salgada.

Gráfico 4 - Porcentagem de segmentos da linha de costa de SC suscetíveis à erosão.**Gráfico 5 -** Porcentagem de segmentos da linha de costa de SC suscetíveis à inundação costeira.

6.5.1. Província 1

Figura 16 - Mapa de suscetibilidade costeira da Província 1.



6.5.1.1. Perturbação dos ecossistemas

Ao longo da linha de costa da Província 1 pode-se notar que em sua grande maioria esta é classificada como moderadamente suscetível à perturbação dos ecossistemas. Apesar de haver a ausência de trechos classificados como altamente suscetíveis, há outros que possuem um nível muito alto de suscetibilidade devido à presença de manguezais nas regiões internas das planícies sedimentares que compõem a Baía da Babitonga.

6.5.1.2. Submersão gradual

Quanto à submersão gradual nota-se que a Província 1 é altamente suscetível nas regiões de planície sedimentar que são moderadamente expostas às ações das ondas. Destacam-se com uma suscetibilidade baixa, apenas pequenos trechos de costão rochoso, e com suscetibilidade moderada a porção mais ao norte da província que possui planícies sedimentares expostas às ondas, além de pequenos segmentos mais ao sul de costões rochosos

que possuem algum tipo de ambiente praial. Para este impacto, os ambientes internos da Baía da Babitonga apresentaram suscetibilidade muito alta novamente.

6.5.1.3. Intrusão de água salgada

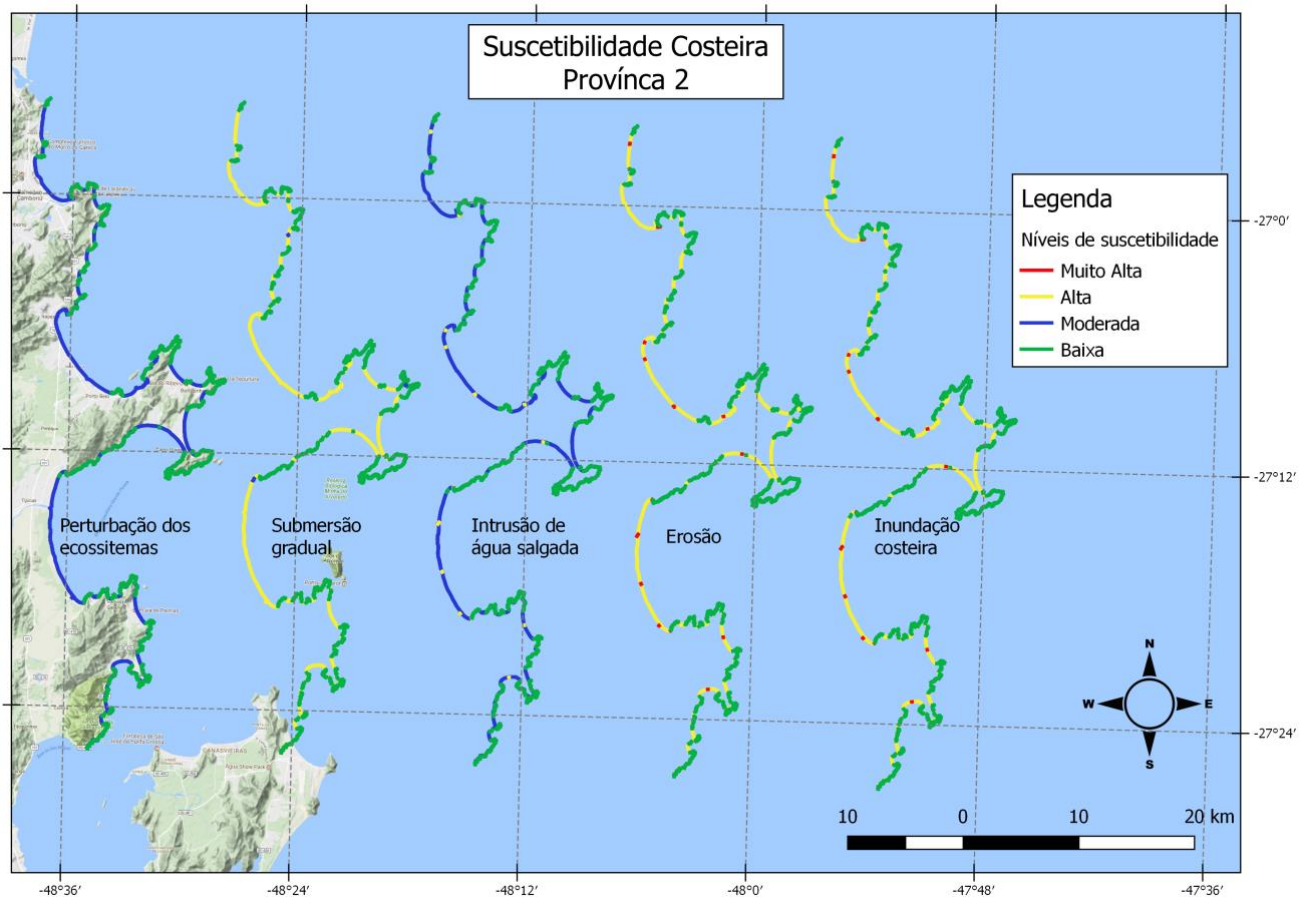
Todos os ambientes de planície sedimentar previstos no CHW que foram identificados na Província 1 apresentaram suscetibilidade moderada à intrusão de água salgada, por isso no mapa nota-se uma linha de costa classificada na cor azul em quase toda sua totalidade. Os trechos que se destacam por possuir uma suscetibilidade alta são pequenos segmentos ao sul da província, que representam as desembocaduras de rios, assim como o trecho mais ao norte que representa a desembocadura da Baía da Babitonga. Ademais, a presença de uma região mais ao centro, também classificada como altamente suscetível, refere-se à presença de um ambiente de ilha barreira.

6.5.1.4. Erosão e Inundação Costeira

Foi decidido compilar neste item a descrição da erosão e inundação costeira; pelo fato das linhas de costa terem apresentado resultados praticamente idênticos para ambos os impactos. Sendo assim, foi identificada uma extensa área altamente suscetível, que representa a suscetibilidade dos três tipos de planície costeira presentes na Província 1. Aqui se destacam em vermelho, pequenos trechos os quais representam as desembocaduras de rios, que possuem uma suscetibilidade muito alta segundo o modelo. Ademais, os costões rochosos também se destacam em pequenos segmentos identificados pela cor verde que representa a baixa suscetibilidade dessas regiões.

6.5.2. Província 2

Figura 17 - Mapa de suscetibilidade costeira da Província 2.



6.5.2.1. Perturbação dos ecossistemas

Esta foi a província que apresentou menor diversidade durante a classificação, totalizando quatro tipos de ambientes diferentes. Consequentemente, é possível notar maior homogeneidade ao longo das linhas de costa que representam a suscetibilidade desta província. Para a perturbação dos ecossistemas, a suscetibilidade da linha de costa pode ser dividida em moderada, nas regiões de planície sedimentar e desembocaduras de rio, e baixa, nas regiões de costão rochoso.

6.5.2.2. Submersão Gradual

No caso da submersão gradual, a linha de costa em sua maioria é classificada entre suscetibilidade alta, para as desembocaduras e planícies costeiras, e baixa para os costões rochosos. Vale ressaltar a presença de trechos bastante pequenos em azul, os quais representam costões rochosos que possuem algum tipo de ambiente praiado. Ou seja, esses são

os únicos ambientes nesta província que são considerados pelo CHW como moderadamente suscetíveis à submersão gradual.

6.5.2.3. Intrusão de água salgada

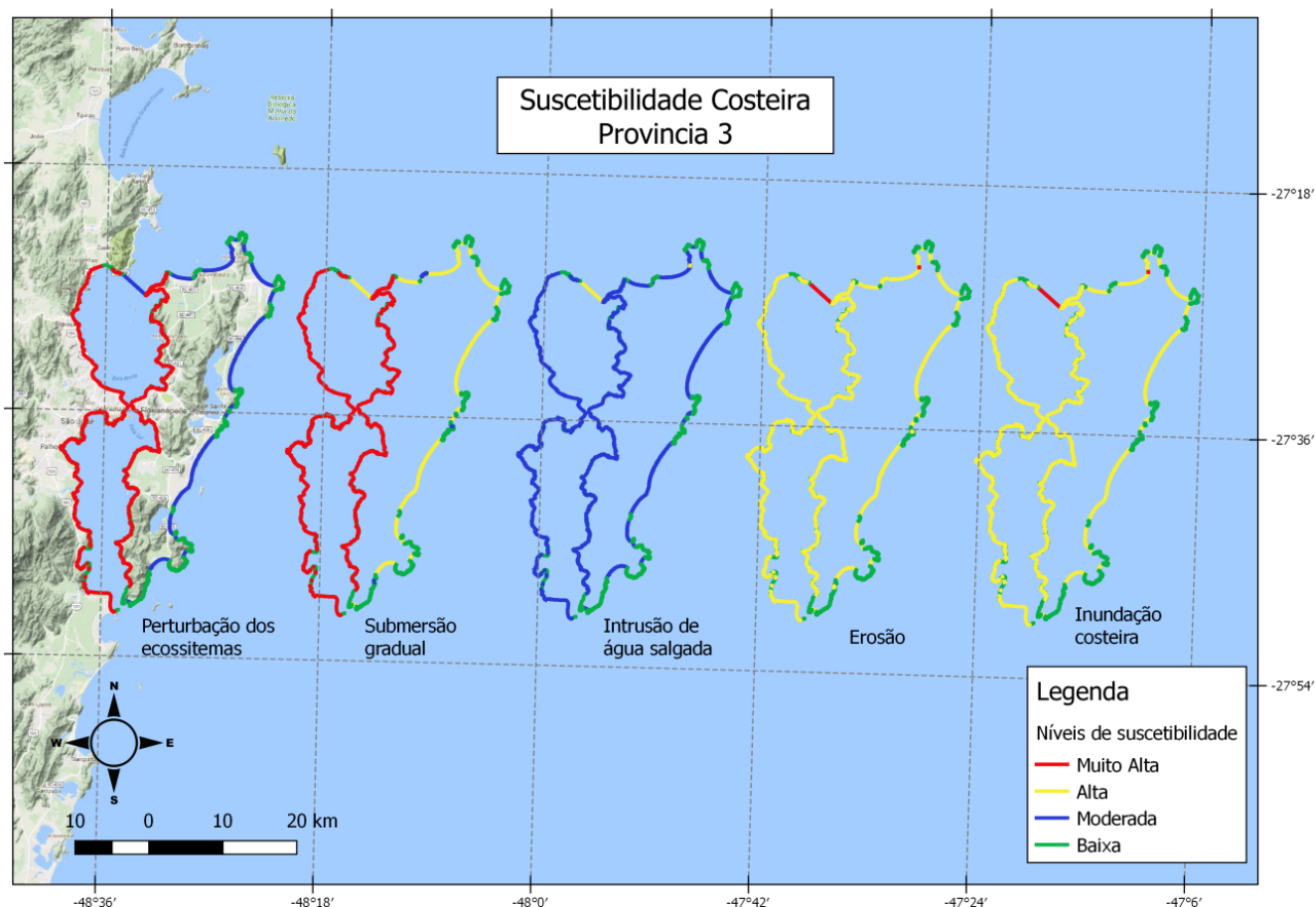
As planícies costeiras presentes na Província 2 são moderadamente suscetíveis ao à água salgada. Em verde, estão representados os costões rochosos que possuem baixa suscetibilidade neste caso. Os pequenos trechos em amarelo, representam as desembocaduras dos rios presentes ao longo da província 2, que são consideradas altamente suscetíveis à intrusão de água salgada.

6.5.2.4. Erosão e Inundação Costeira

Uma vez mais os resultados foram praticamente idênticos para estes dois impactos. O único ambiente que possui uma classificação distinta são os costões rochosos que possuem algum tipo de ambiente praial. Esses ambientes são considerados altamente suscetíveis à erosão e possuem baixa suscetibilidade à inundação costeira. Já os costões rochosos ausentes de algum tipo de ambiente praial, possuem baixa suscetibilidade para ambos os impactos, de acordo com o CHW. As planícies sedimentares da Província 2 são consideradas altamente suscetíveis à erosão e à inundação costeira, e as desembocaduras de rio possuem suscetibilidade muito alta a ambos os impactos.

6.5.3. Província 3

Figura 18 - Mapa de suscetibilidade costeira da Província 3.



6.5.3.1. Perturbação dos ecossistemas

Ambientes de planície sedimentar protegidos da ação de ondas e com vegetação de manguezal presentes, compõem boa parte da Província 3. Estes ambientes possuem suscetibilidade muito alta à perturbação dos ecossistemas. Nesta província é importante ressaltar que entre a Ilha de Santa Catarina e a Baía dos Golfinhos existe um segmento que representa a comunicação da Baía Norte com o Oceano Atlântico e que foi classificado como “TSR”. Esta classe está prevista no CHW e abrange ambientes de desembocaduras de rios, canais de maré e esporões arenosos.

6.5.3.2. Submersão gradual

Quanto à submersão gradual, esta província pode ser dividida entre a porção oeste que apresenta uma suscetibilidade muito alta, e a porção leste que apresenta uma suscetibilidade

alta nas regiões de planície sedimentar, e baixa onde há a presença de costão rochoso. Há também segmentos bastante pequenos em azul ao norte, à leste e ao sul da Província 3, que estão moderadamente suscetíveis e representam os costões rochosos com a presença de algum ambiente praial.

6.5.3.3. Intrusão de água salgada

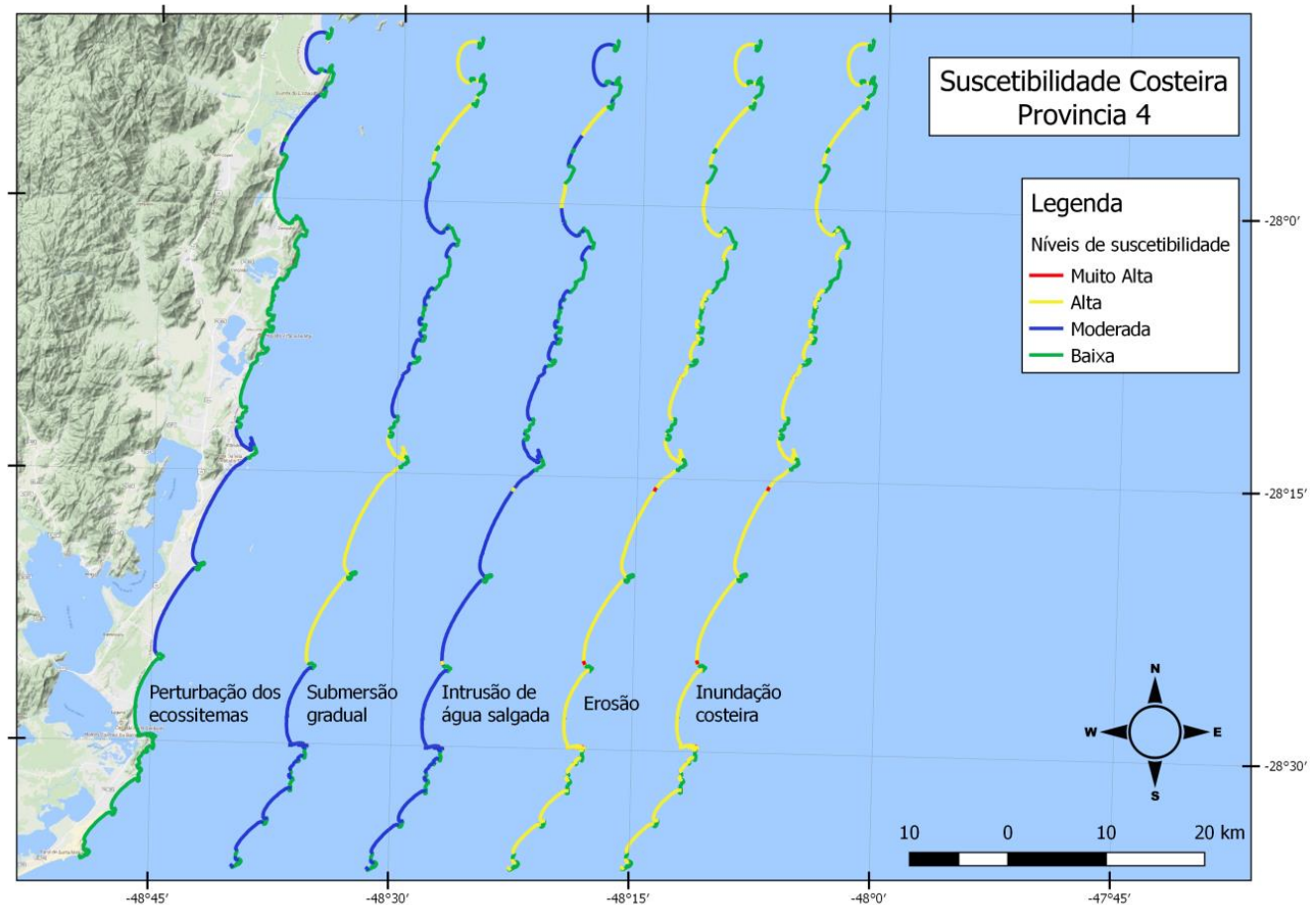
Esta província apresentou suscetibilidade moderada quase que em sua totalidade. Apenas os costões rochosos demonstraram possuir suscetibilidade baixa à intrusão de água salgada. As desembocaduras de rio e canais de maré são altamente suscetíveis a este impacto.

6.5.3.4. Erosão e Intrusão Costeira

No que diz respeito à erosão e inundação costeira, a Província 3 demonstrou ser altamente suscetível. Os pequenos trechos que demonstraram suscetibilidade muito alta são os canais de maré e desembocaduras de rio que estão representados em vermelho. É possível notar mais uma vez, que os costões rochosos que possuem algum ambiente praial responderam diferente por possuírem alta suscetibilidade à erosão e baixa suscetibilidade à intrusão costeira. Já os costões rochosos ausentes de algum ambiente praial possuem baixa suscetibilidade para ambos os impactos.

6.5.4. Província 4

Figura 19 - Mapa de suscetibilidade costeira da Província 4.



6.5.4.1. Perturbação dos ecossistemas

Esta província pode ser dividida entre as regiões que possuem baixa suscetibilidade ou suscetibilidade moderada. Como não há nenhuma planície sedimentar protegida da ação de ondas, o modelo não identificou nenhum trecho com suscetibilidade muito alta à perturbação dos ecossistemas.

6.5.4.2. Submersão gradual

Durante o tratamento dos dados de ondas foi possível identificar nesta província, regiões de moderadamente expostas às ondas e regiões expostas. Isso resultou na presença das classes PL-6 e PL-2, as quais representam dois ambientes diferentes de planície sedimentar. Assim como também resultou na presença das classes BA-6 e BA-2, que representam dois ambientes diferentes de ilha barreira. Logo, as regiões que são altamente suscetíveis à submersão gradual são as planícies sedimentares e as ilhas barreira moderadamente expostas

às ondas, e as desembocaduras de rio. Já as planícies sedimentares e ilhas barreira expostas às ondas, são consideradas como moderadamente suscetíveis de acordo com o CHW. Por fim as únicas localidades encontradas na Província 4 que apresenta baixa suscetibilidade são costões rochosos ausentes de qualquer ambiente praial.

6.5.4.3. Intrusão de água salgada

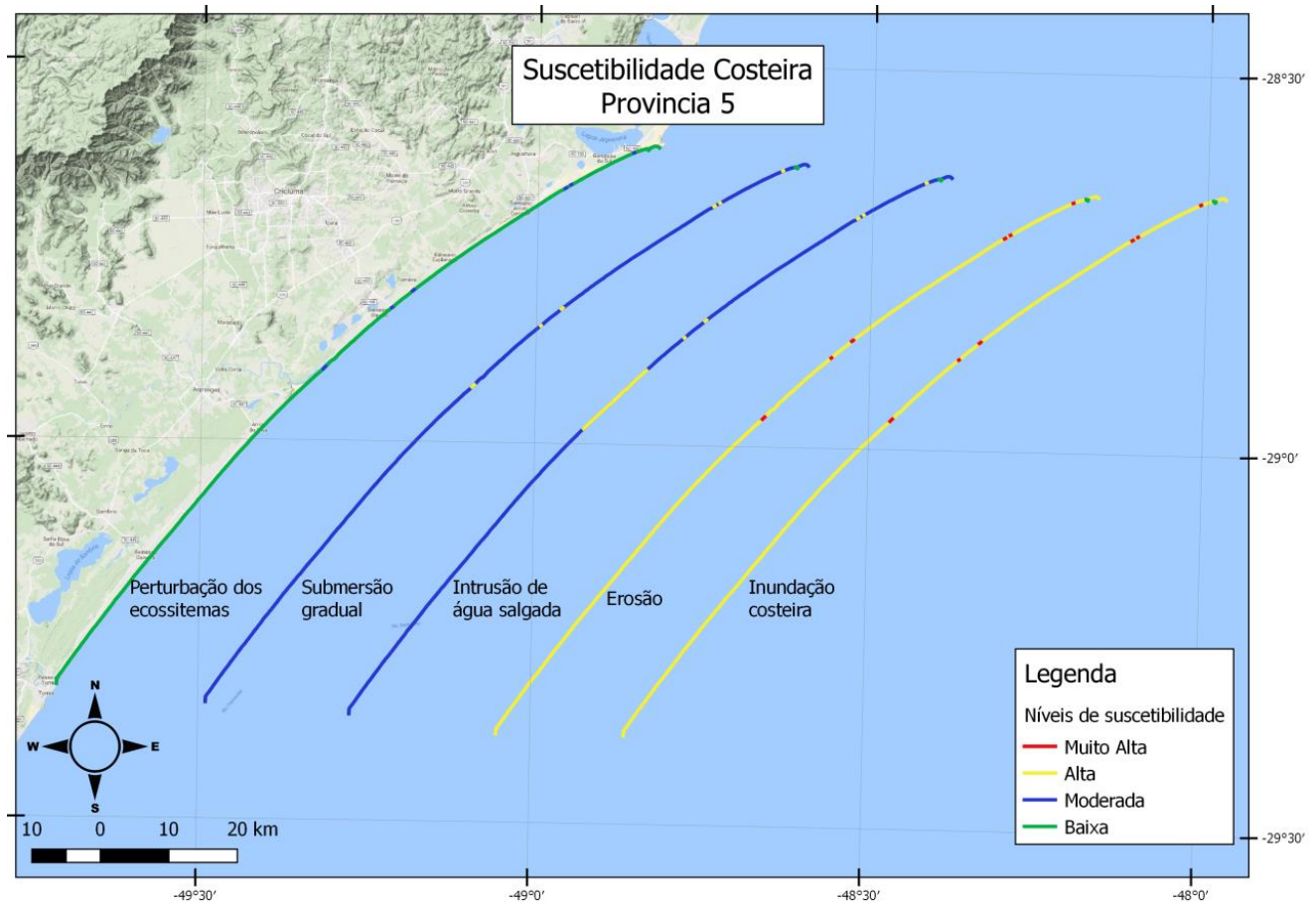
Na linha de costa que representa a suscetibilidade da província 4 à intrusão de água salgada, torna-se fácil a identificação dos ambientes de ilha barreira ao norte da província. Seguindo no sentido norte-sul, na praia da Guarda do Embaú, identifica-se o primeiro trecho em amarelo que representa um ambiente de ilha barreira, moderadamente exposto às ondas e altamente suscetível à intrusão de água salgada (BA-6). Continuando neste sentido, na Praia do Siriú, nota-se o segundo trecho em amarelo, o qual representa um ambiente de ilha barreira exposto às ondas e também altamente suscetível a este impacto (BA-2). Fora as ilhas barreira, há também outros pequenos trechos altamente suscetíveis que são as desembocaduras de rio. Os trechos moderadamente suscetíveis são as planícies sedimentares e os com baixa suscetibilidade são os costões rochosos.

6.5.4.4. Erosão e Inundação Costeira

A ausência de costões rochosos com a presença de algum ambiente praial (classe R-2) nesta província faz com que as linhas de costa para ambos os impactos sejam idênticas. Notam-se pequenos trechos com suscetibilidade muito alta, os quais representam as desembocaduras de rio. Na grande maioria esta província é altamente suscetível tanto à erosão costeira quanto à inundação costeira. Os trechos com baixa suscetibilidade pertencem à classe R-1, que se refere a costões rochosos ausentes de ambientes praias.

6.5.5. Província 5

Figura 20 - Mapa de suscetibilidade costeira da Província 5.



6.5.5.1. Perturbação dos ecossistemas

Assim como a Província 2, esta província possui apenas quatro diferentes ambientes, sendo que grande parte de sua extensão é caracterizada por uma planície sedimentar exposta às ondas (PL-2). Logo, nota-se que no geral esta província possui suscetibilidade baixa à perturbação dos ecossistemas, apesar de haver pequenas secções moderadamente suscetíveis.

6.5.5.2. Submersão gradual

Quanto à submersão gradual, a Província 5 aparenta ser moderadamente suscetível. Existem pequenos trechos que são altamente suscetíveis, isso devido à presença de desembocaduras de rio nessas regiões.

6.5.5.3. Intrusão de água salgada

Nesta linha de costa é notável a presença de uma região relativamente extensa que foi classificada como altamente suscetível. Isso se deve ao fato da presença de um ambiente de ilha barreira entre os municípios de Arroio do Silva e Balneário Rincão. Fora esta região, há também as desembocaduras de rio que também são altamente suscetíveis. Com exceção de um costão rochoso ao norte, que possui suscetibilidade baixa, toda a linha de costa foi classificada como moderadamente suscetível a este impacto.

6.5.5.4. Erosão e Inundação Costeira

Mais uma vez as linhas de costa desenhadas para ambos os impactos são iguais. Na sua maioria a Província 5 pode ser considerada altamente suscetível à erosão e inundação costeira. Porém vale ressaltar a presença de um trecho muito pequeno ao norte que representa um costão rochoso (R-1) e possui baixa suscetibilidade a todos os impactos previstos no CHW. Ademais, as desembocaduras de rio possuem suscetibilidade muito alta à erosão e inundação costeira.

7. DISCUSSÃO

Baixo (2015), aplicou o modelo do *InVEST* para avaliar a costa de Santa Catarina e constatou um aumento da vulnerabilidade na direção sul do estado. Serafim (2014) utilizou o Índice de Vulnerabilidade Costeira para avaliar a vulnerabilidade costeira da área de estudo. Apesar de ambos os autores terem realizados estudos de vulnerabilidade costeira na costa de Santa Catarina, os resultados apresentaram desarmonia. Isso se deve, muito provavelmente, às diferentes variáveis de entrada utilizadas para realizar a análise de vulnerabilidade. O que difere o presente estudo dos estudos anteriores citados é o fato deste se tratar de uma avaliação da suscetibilidade costeira da costa de SC. Em outras palavras, no âmbito deste estudo não foram levadas em considerações variáveis sociais ou econômicas. Ademais o CHW se distingue dos outros modelos por abranger cinco impactos costeiros diferentes.

Durante a utilização do modelo também foi possível identificar algumas terminologias que possivelmente foram utilizadas de maneira imprecisa. O manual do CHW sugere a utilização da taxa de variação de linha de costa como dados de balanço sedimentar, quando comumente as análises de balanço sedimentar utilizam cálculos que envolvem a identificação

do transporte de volume de sedimentos na costa. Além disso, uma modificação da terminologia “flora/fauna” para “ecossistemas” poderia ser interessante quando se trata desta variável.

8. CONCLUSÕES

Foi possível constatar que na costa de Santa Catarina houve variabilidade dos níveis de suscetibilidade entre as províncias o que demonstra que o CHW possui aplicabilidade para realização de estudos em escala mais regional/local. Além disso, pôde-se concluir com base nos resultados obtidos que os possíveis impactos de erosão e inundação costeira seriam os processos que mais afetariam a costa de SC sob um cenário de aumento do nível do mar.

No âmbito deste estudo também foi possível notar que é bastante possível produzir estudos descritivos referentes à suscetibilidade costeira de uma região mesmo não havendo grande disponibilidade de recursos ou de dados. Em adição, a utilização do modelo *Coastal Hazard Wheel* e a utilização do *software QuantumGIS* se apresentam como ferramentas bastante interessantes na avaliação da suscetibilidade costeira. Isso devido ao baixíssimo custo e a ampla acessibilidade de ambos. Ademais é possível encontrar no catálogo do CHW, produzido pela UNEP (2016), suporte nas tomadas de decisão no que se refere ao ambiente costeiro de acordo com cada classe prevista pelo modelo.

9. REFERÊNCIAS

- ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, p. 107-124, 2002.
- ALONGI, Daniel M. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 76(1), pp.1-13.
- APPELQUIST, Lars Rosendahl. Generic framework for meso-scale assessment of climate change hazards in coastal environments. **Journal of Coastal Conservation**, 17(1), pp.59-74. 2013.
- APPELQUIST, Lars Rosendahl; BALSTRØM, Thomas. Application of the Coastal Hazard Wheel methodology for coastal multi-hazard assessment and management in the state of Djibouti. **Climate Risk Management**, v. 3, p.79-95, jun. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crm.2014.06.002>.
- APPELQUIST, Lars Rosendahl; BALSTRØM, Thomas; HALSNÆS, Kirsten. **Managing climate change hazards in coastal areas: The Coastal Hazard Wheel decision-support system**. United Nations Environment Programme, 2016. 48 p. Disponível em:

<<http://www.coastalhazardwheel.org/media/1217/main-manual-coastal-hazard-wheel.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

APPELQUIST, Lars Rosendahl; HALSNÆS, Kirsten. The Coastal Hazard Wheel system for coastal multi-hazard assessment & management in a changing climate. **Journal Of Coastal Conservation**, v. 19, n. 2, p.157-179, 20 mar. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11852-015-0379-7>.

BAIXO, Eduardo Hiroshi Shimonaga. **Identificação da vulnerabilidade da linha de costa catarinense a episódios de alta energia com base no modelo InVEST**. 48 f. Monografia (Especialização) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

BONETTI, Jarbas; WOODROFFE, Colin. Spatial Analysis for Coastal Vulnerability Assessment. **Geoinformatics For Marine And Coastal Management**, p.367-396, 21 dez. 2016. CRC Press. <http://dx.doi.org/10.1201/9781315181523-17>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto SMC-Brasil: Manual do Usuário – SMC Tools**. Brasília-DF, 2017.

CARDONA, Omar D. **The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management**. Chapter 3. Em: Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People, G. Bankoff, G. Frerks, D. Hilhorst (Ed), Earthscan Publishers, Londres. 2003.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). **Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: guía metodológico**. Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2011. 31 p.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. **Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: vulnerabilidad y exposición**. Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2012. 174 p.

CROWELL, M., LEATHERMAN, S.P. & BUCKLEY, M.K. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. **Journal of coastal research**, pp.839-852. 1991.

CUTTER, Susan L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in human geography**, 20(4), pp.529-539, 1996.

EISMA, D. **Climate change impact on coastal habitation**. Texel: Lewis Publishers, 1995. 260 p.

ERICSON, Jason P., VOROSMARTY, Charles J., DIGMAN, S. Lawrence, WARD, Larry G. and MEYBECK, Michel. Effective sea-level rise and deltas: causes of change and human dimension implications. **Global and Planetary Change**, 50(1-2), pp.63-82. 2006.

ESSINK, Gualbert H. Oude. Improving fresh groundwater supply—problems and solutions. **Ocean & Coastal Management**, 44(5-6), pp.429-449. 2001.

FREITAS, Dominicio. **Quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras para a Enseada do Itapocorói**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Oceanografia). Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2008. 61 p.

FRENCH, Peter W. **Coastal Defences: Processes, Problems And Solutions**. London: Taylor & Francis, 2001. 384 p.

GILMAN, Eric .L., ELLISON, Joanna, DUKE, Norman C. & FIELD, Collin. Threats to mangroves from climate change and adaptation options: a review. **Aquatic botany**, 89(2), pp.237-250. 2008.

GORNITZ, V. Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (Global and Planetary Change Section)*, Amsterdam, v. 89, p. 379-398, 1991.

HAILS, J. **Wetlands, biodiversity and the Ramsar convention: the role of the convention on wetlands in the conservation and wise use of biodiversity**. In Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland (Vol. 153). 1997.

HASLETT, Simon. **Coastal systems**. Routledge. 2008.

IBGE (Brasil). **Censo demográfico 2000: Características da população e dos domicílios: Resultados do Universo**. 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000>>. Acesso em: 27 nov 2017.

IBGE (Brasil). Dimensão ambiental. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: populações residentes em áreas costeiras**. Brasil, 2010.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. 2007. Cambridge: Cambridge University Press.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. 2014. Cambridge: Cambridge University Press.

ISDR (International Strategy For Disaster Reduction). **Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives**. Geneva: World Meteorological Organization and the Asian Disaster Reduction Center, 2004. Disponível em: <http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm>.

JENNERJAHN, Tim C. & ITTEKKOT, Venugopalan. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. **Naturwissenschaften**, 89(1), pp.23-30. 2002.

KLEIN, Antônio Henrique da Fontoura, SHORT, Andrew D. & BONETTI, Jarbas, 2016. **Santa Catarina beach systems**. Em: *Brazilian Beach Systems* (pp. 465-506). Springer, Cham.

MANGOR, Karsten. **Shoreline management guidelines**. DHI Water & Environment. 2001.

MASSELINK, Gerhard & HUGHES, Michael G. **An introduction to coastal processes and geomorphology**. Routledge. 2014.

MCFADDEN, L. & GREEN, C. Defining ‘vulnerability’ conflicts, complexities and implications for Coastal Zone Management. **Journal of Coastal Research**, pp.120-124. 2007.

MCMULLEN, Catherine P. & JABBOUR, Jason R. **Climate change science compendium 2009**. UNEP/Earthprint. 2009.

MONTEIRO, Carlos Augusto F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Ed. da UFSC, 241p. 1991.

MORRIS, James T., SUNDARESHWAR, P.V., NIETCH, Christopher T., KJERFVE, Bjorn & CAHOON, D.R., 2002. Responses of coastal wetlands to rising sea level. **Ecology**, 83(10), pp.2869-2877.

MULER, Mariela. **Avaliação da vulnerabilidade de praias da Ilha de Santa Catarina a perigos costeiros através da aplicação de um índice multicritério**. 2012. 213 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

NGUYEN, Dong T.P., BONETTI, Jarbas, ROGERS, Kerrylee & WOODROFFE, Colin D. Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. **Ocean & Coastal Management**, 123, pp.18-43. 2016.

NICHOLLS, Robert J. Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: changes under the SRES climate and socio-economic scenarios. **Global Environmental Change**, 14(1), pp.69-86. 2004.

SEAP (Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca). **Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura – PLDM's de Santa Catarina**. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República, 2008. 313 p.

RICHARDS, J.A., MOKRECH, M., BERRY, P.M. and NICHOLLS, R.J. Regional assessment of climate change impacts on coastal and fluvial ecosystems and the scope for adaptation. **Climatic Change**, 90(1-2), pp.141-167. 2008.

ROSS, M.S., MEEDER, J.F., SAH, J.P., RUIZ, P.L. and TELESNICKI, G.J. The southeast saline Everglades revisited: 50 years of coastal vegetation change. **Journal of Vegetation Science**, 11(1), pp.101-112. 2000.

RUDORFF, Frederico de Moraes. **Geoindicadores e Análise Espacial na Avaliação de Suscetibilidade Costeira a Perigos Associados a Eventos Oceanográficos e Meteorológicos Extremos**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SANTA CATARINA (Estado). Decreto nº 5.010, de 22 de dezembro de 2006. Regulamenta a Lei n. 13.553, de 16 de novembro de 2005. **Lex**: coletânea de legislação e jurisprudência, Florianópolis, 2006.

SERAFIM, Mirela Barros. **Aplicação de um índice multicritério de vulnerabilidade a eventos extremos para praias do Estado de Santa Catarina através de análise espacial**. 2014. 119 f. TCC (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

SILVA, Ana Fátima da. **Comportamento morfodinâmico e sedimentar das praias adjacentes ao promontório de Itapirubá, SC, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. 131 p.

SILVA, C. G.; PATCHINEELAM, S. M.; BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na Linha de

Costa. Em: BAPTISTA NETO, J. A; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução à Geologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, pp. 175-218. 2004.

STONE, Gregory W. & MCBRIDE, Randolph A. Louisiana barrier islands and their importance in wetland protection: forecasting shoreline change and subsequent response of wave climate. **Journal of Coastal Research**, pp.900-915. 1998.

TESSLER, Moysés Gonsalez; GOYA, Samara Cazzoli y. **Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 17, p.11-23, 2005. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

THIELER, E. Robert. **National assessment of coastal vulnerability to future sea-level rise** (No. 076-00). US Geological Survey, 2000.

VAN GOOR, M.A., ZITMAN, T.J., WANG, Z.B. & STIVE, M.J.F. Impact of sea-level rise on the morphological equilibrium state of tidal inlets. **Marine Geology**, 202(3-4), pp.211-227. 2003.

WATSON, R. T.; ZINYOWERA, M. C. & MOSS, R. H. **IPCC Special Report on The Regional Impacts of Climate Change An Assessment of Vulnerability**. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 1997.

WHITE, G. F.; KATES, R. K. e BURTON, I. Knowing Better and Losing even more: the use of knowledge in hazards management. **Environmental Hazards**, n. 3, p.81-92. 2001.

WOODROFFE, Colin D. Response of tide-dominated mangrove shorelines in Northern Australia to anticipated sea-level rise. **Earth Surface Processes and Landforms**, 20(1), pp.65-85. 1995.

WOODROFFE, Colin D., NICHOLLS, Robert J., SAITO, Yoshiki, CHEN, Zhongyuan & GOODBRED, Steven L. **Landscape variability and the response of Asian megadeltas to environmental change**. Em Global change and integrated coastal management (pp. 277-314). Springer, Dordrecht. 2006.

UNDP (United Nations Development Programme). **Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development**. New York: John S. Swift, 2004. 96 p.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). **Terminology on disaster risk reduction**. 2009.

ANEXO

Tabela 2: Dados utilizados na produção do Gráfico 1.

Porcentagem das linhas de costa suscetíveis à perturbação dos ecossistemas (%)					
Suscetibilidade	Provincia 1	Provincia 2	Provincia 3	Provincia 4	Provincia 5
Baixa	11,86	53,01	34,60	64,82	99,18
Moderada	79,85	48,09	12,71	35,16	0,82
Alta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muito Alta	8,23	0,00	52,73	0,00	0,00

Tabela 3: Dados utilizados na produção do Gráfico 2.

Porcentagem das linhas de costa suscetíveis à submersão gradual (%)					
Suscetibilidade	PROVINCIA 1	PROVINCIA 2	PROVINCIA 3	PROVINCIA 4	PROVINCIA 5
Baixa	4,44	51,12	34,18	34,66	0,45
Moderada	7,43	0,24	0,41	30,17	98,73
Alta	79,90	48,64	12,71	35,16	0,82
Muito Alta	8,24	0,00	52,71	0,00	0,00

Tabela 4: Dados utilizados na produção do Gráfico 3.

Porcentagem das linhas de costa suscetíveis à intrusão de água salgada (%)					
Suscetibilidade	Provincia 1	Provincia 2	Provincia 3	Provincia 4	Provincia 5
Baixa	5,54	51,36	34,57	34,66	0,45
Moderada	83,32	48,06	64,61	60,09	89,61
Alta	11,14	0,58	0,83	5,25	9,94
Muito Alta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 5: Dados utilizados na produção do Gráfico 4.

Porcentagem das linhas de costa suscetíveis à erosão (%)					
Suscetibilidade	Provincia 1	Provincia 2	Provincia 3	Provincia 4	Provincia 5
Baixa	4,44	51,12	34,18	34,66	0,45
Moderada	0,64	0,24	0,41	0,00	0,00
Alta	91,94	48,06	64,59	64,73	98,73
Muito Alta	2,98	0,58	0,83	0,61	0,82

Tabela 6: Dados utilizados na produção do Gráfico 5.

Porcentagem das linhas de costa suscetíveis à inundação costeira (%)					
Suscetibilidade	Provincia 1	Provincia 2	Provincia 3	Provincia 4	Provincia 5
Baixa	5,08	51,36	34,59	34,66	0,45
Moderada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alta	91,94	48,06	64,59	64,73	98,73
Muito Alta	2,98	0,58	0,83	0,61	0,82